

4. 護岸工法

4.1 護岸工法の考え方

(1) 河岸・水際部と護岸を区別する

「河岸・水際部」と「護岸」を区別し、護岸の前面に自然な河岸・水際を形成することによって、河岸・水際部の環境上の機能を確保する。

《解説》

- ・ 自然状態の「河岸・水際部」は、土砂・礫、植物など自然素材で形成されており、生物の生息・生育・繁殖場所としての機能を有し、景観を悪化させることは稀である。一方、「護岸」は河岸の侵食防止を目的としているため、硬い材料から構成されることが多く、空隙に乏しく、生物の生息等が難しい場合が多い。また、工法によっては河川景観を著しく悪化させる場合がある。
- ・ このように、自然状態の河岸・水際部と護岸は構造・機能が相反するものであるから、災害復旧を含む川づくりにおいては「河岸・水際部」と「護岸」を区別し、護岸は可能な限り控えて設置し、その前面に河岸・水際部を形成して、護岸には治水上の機能、河岸・水際部には環境上の機能を確保することを原則として復旧を行う。

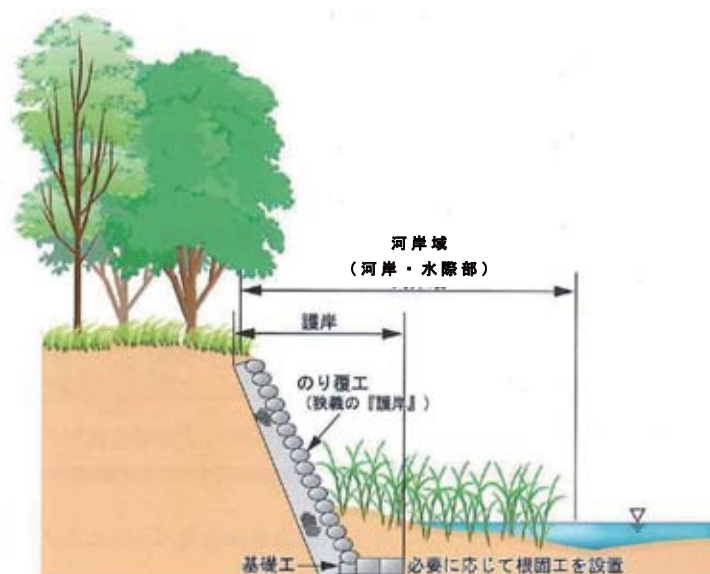


図 4.1 河岸・水際部、護岸の概念図

硬く・空隙に乏しい人工護岸物である護岸に環境上の機能を全て付加することは難しい。できる限り護岸は控えて設置し、その前面に河岸・水際部の再生を行うことが災害復旧における基本的な考え方となる。

(2) みお筋部の保全

河岸・水際部の形成に際しては、みお筋部の形状にも留意する。

《解説》

- ・河岸・水際部の形成を行うと、結果として、平常時に水が流れる「みお筋部」の幅や深さも影響を受ける。
- ・川幅の狭い河川では、この傾向が特に強くなるため、河岸・水際部の形状を設定する際には、併せて、みお筋部の形状にも留意する必要がある。
- ・一般に、みお筋部は平常時の流速・水深を支配するため、魚類を含む水生生物の生息・生育・繁殖に大きな影響を与える。みお筋部の幅が狭すぎる場合には、流速・水深が大きくなり、逆に、広すぎる場合にはこれらが小さくなる。
- ・河岸・水際部の形成に当たっては、被災前の河川の横断形状に加えて、被災箇所平常時の流量を参考にしながら、河岸・水際部～みお筋部までの形状を一体として捉えることに留意する。
- ・なお、既往の調査結果によると、中流域（例えば谷底区間～扇状地区間）において確保すべき最低の単位幅流量は、概ね $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ と考えられている。



写真 4.1 平常時の流量に見合ったみお筋部の形状と自然な水際部が確保されている例（板櫃川：福岡県）

(3) 護岸の構造

護岸は、流水による侵食作用等から堤防及び河岸を安全に保護するために設けるもので、その構造は法覆工、基礎工、根固工等からなる。

《解 説》

- ・護岸は、流水に伴う浸食や洗掘から河岸を保護するために設ける構造物である。
- ・その構造は法覆工、基礎工から構成され、必要に応じて、根固工、天端工、天端保護工、小口止め工・すり付け工等を設ける。各工種の概要を以下に示す。
 - ・法覆工 : 流水、流木などに対して安全となるよう堤防および河岸法面を保護するための構造物。
 - ・基礎工 : 法覆工の法尻部に設置し、法覆工を支持するための構造物。
 - ・根固工 : 流水による急激な河床洗掘を緩和し、基礎工の沈下や法面からの土砂の吸出しなどを防止するために、低水護岸および堤防護岸の基礎工前面に設置される構造物。
 - ・天端工 : 法覆工の法肩部の天端を、法覆工と同等のもので保護する構造物。
 - ・天端保護工 : 低水護岸の上端部と背後地とのすりつけをよくし、かつ低水護岸が流水により裏側から破壊しないよう保護する構造物。
 - ・小口止め工 : 法覆工の上下流端に施工して、護岸を保護する構造物。
 - ・すり付け工 : 護岸の上下流端に施工して、河岸または他の施設とのすりつけをよくするための護岸。
 - ・水抜きパイプ : 地下水位が高い場所などで練り構造の法覆工に残留水圧が作用しないように護岸に設置する排水パイプ。

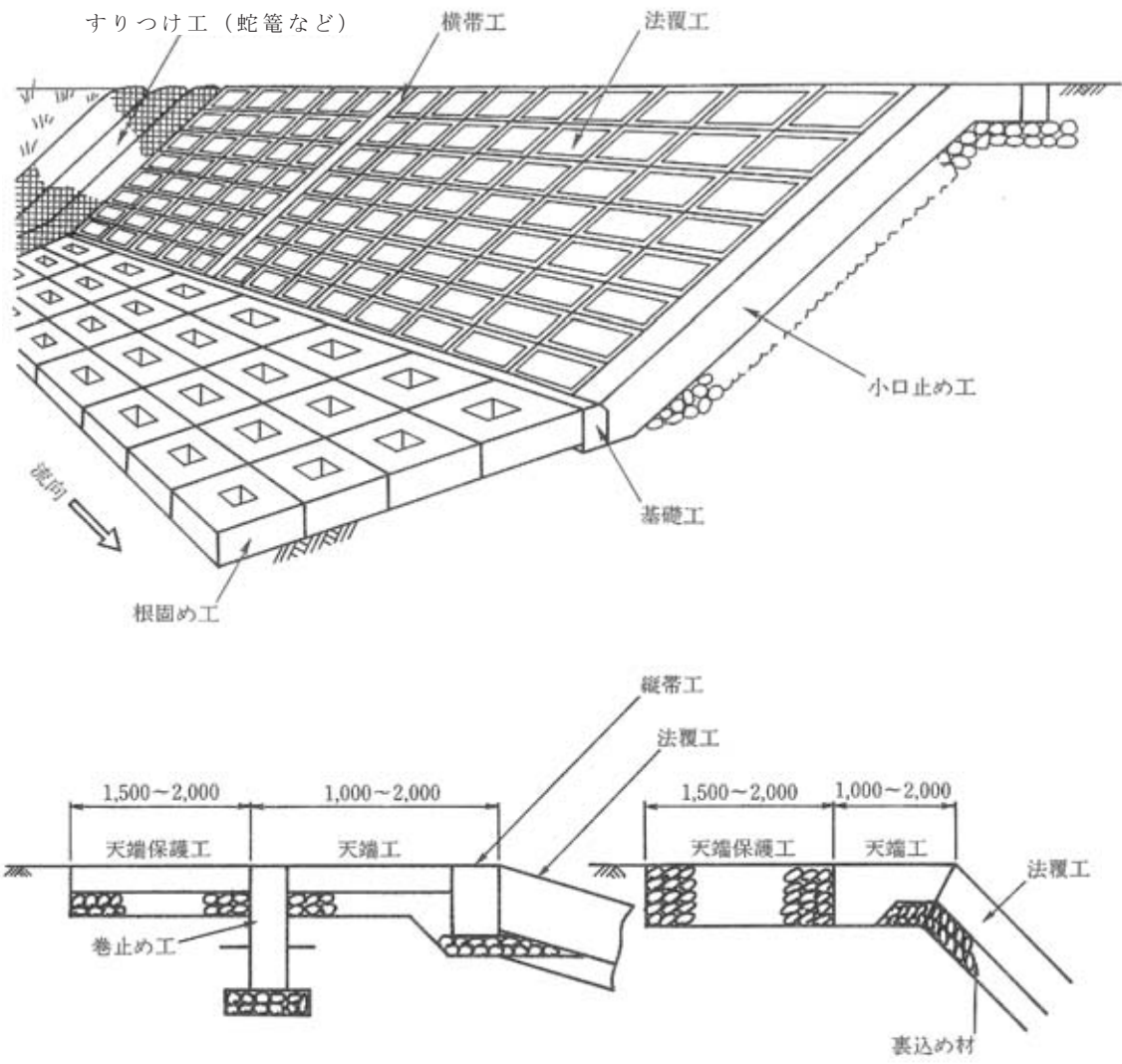


図 4.2 張り護岸（法勾配が 1 : 1.5 程度より緩い護岸）の構造の例

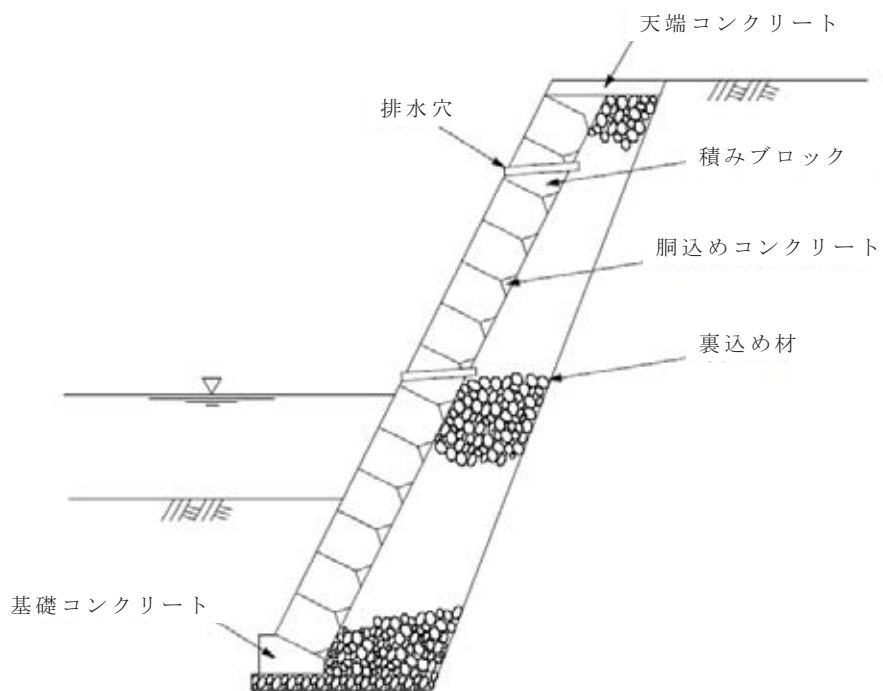


図 4.3 積み護岸（法勾配が 1 : 1.5 程度より急な護岸）の構造の例

注) 上図は、練り積み護岸を例示しており、空積み護岸では、
通常、胴込めコンクリートと水抜きパイプ（排水穴）は用いない。

(4) 川幅が狭い場合の河岸法勾配

川幅が狭い場合には、河岸の法勾配を立てて河床幅を確保し、多様な河床形状が形成されるよう努める。

《解説》

- ・ 従来、河岸法勾配は緩やかな方が陸域－水域間の生物の移動が容易であること、そして、エコトーンが形成されることから、環境に良いと考えられてきた。
- ・ しかし、川幅の狭い河川で法勾配を緩やかにすると、河床幅が狭くなって、河床が平坦になり、みお筋部に形成される瀬・淵などの多様な生息・生育・繁殖環境が消失する可能性が高い。また、河床幅が狭いと河岸・水際部に形成した堆積域が流失し、水際部の植物帯や低流速域に依存する生物が消失する懸念もある。
- ・ そこで、川幅が狭い場合には、河岸を立てて河床幅を広くとり、みお筋部と水際部における生息場所の多様性を確保するようにする。
- ・ なお、横断方向の連続性については、河岸法勾配が急な場合においても、護岸法面の工夫によって登攀できる可能性が示されている。詳細は「**■**技術情報－生物の移動経路に適した法面のテクスチャーと法勾配」(112p)を参照のこと。

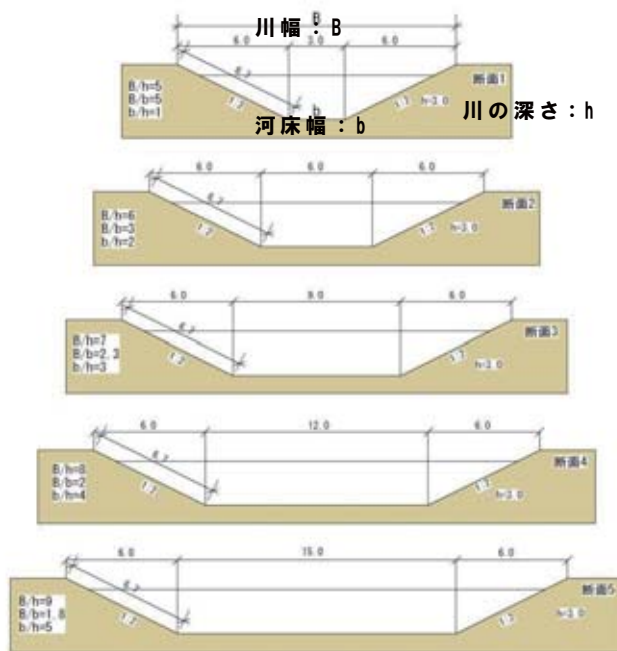


図 4.4 河床幅の違いによる横断形の比較

川幅Bの狭い川で河岸法勾配を緩やかにすると、河床幅bが狭くなり、みお筋が単調になる。(左図)

このような場合、河岸を立てることにより、河床幅bを大きくとることができ、みお筋部と水際部の多様性を確保するための空間が得られる。(下図)

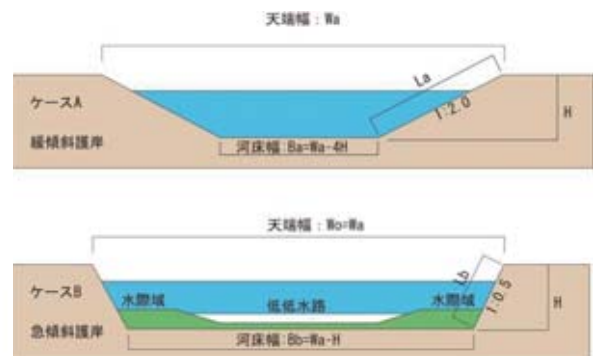


図 4.5 法勾配による横断形状の違い

■ 技術情報－低水路の川幅水深比と流速・水深の多様性

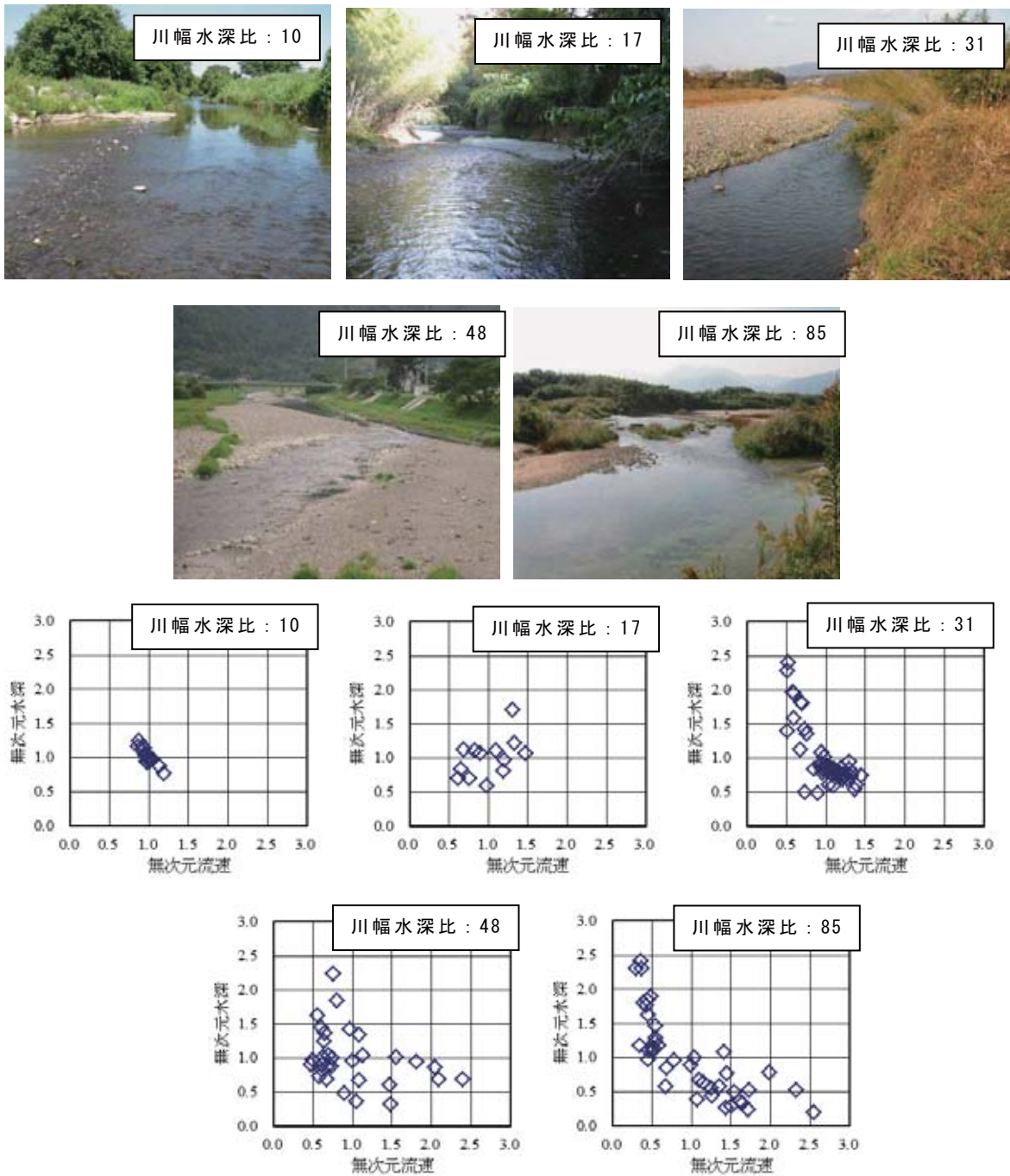


図 4.6 中流域における川幅水深比と河川景観の調査事例と各調査地区における無次元流速と無次元水深の分布状況

いずれの川も直線的な平面形状をしているが、川幅水深比が異なる。ここで、川幅水深比とは、低水路満杯となる状況の平均水深に対する平均川幅の比を示している。川幅水深比が大きいほど洪水時の水深に対して相対的に川幅が広い川であることを示している。

川幅水深比が増加するに従い、水深・流速の分布域が拡大する傾向が確認できる。川幅水深比が小さい場合には1付近に集中し、大きくなるにつれて低流速・高水深領域及び低水深・高流速領域に拡大する。この結果は、川幅水深比が増加するにつれて、河道内に土砂が堆積した洲が形成され、多様なハビタットが現れることを意味している。

(5) 護岸の粗度

護岸の粗度は、河道内植生の維持管理を含めた目標とする川の姿を想定し、河道の粗度に応じた粗度係数を設定する。また、現況が良好な河川においては、従前の粗度係数よりも小さくしないことを原則とする。

《解 説》

- ・ 計画河道における流下能力の検討に際しては、河床材料や水際の植生等の状況を踏まえて適切な粗度係数を設定することが重要である。
- ・ 特に中小河川では、潤辺に占める河岸の割合が大きいため、河岸が植生で覆われているか、護岸が整備されているかなど、河岸の状況によって粗度が大きく異なることに注意することが必要である。例えば、粗度の大きい河畔林や河床の巨礫を除去し、河岸にコンクリート護岸を整備すると、耐侵食性が増し側方侵食を防ぐことができるようになる一方で、粗度係数は小さくなり、流速が増加するために河床の洗掘を助長して被災することもある。
- ・ また、このような護岸整備を前提とした粗度係数を設定しても、復旧後に植物が繁茂したり、州が形成されたりすると、当初設定した粗度係数よりも大きな粗度となることも考えられ、結果として所定の流下能力を満足しなくなる場合も生じる。このように粗度係数の設定いかんにより川の姿が決まることに留意する必要がある。
- ・ 粗度係数を設定する際には、植生の維持管理を含めて目標とする川の姿を設定した上で、それに対応した粗度係数を設定することが重要である。
- ・ なお、自然環境良好な状況にある河川においては、低水路の石などは撤去しない、河岸に植生が見られる場合にはそれらが再生できるようにするなど復旧前の粗度係数よりも小さくしないことを原則として考えるものとする。



写真 4.2 復旧自然河岸を護岸にすることによる粗度が低下した例

河岸域における植物を除去すると護岸の粗度が低下し流速が増大する。この結果、河床が低下して再度災害を受ける、下流側の護岸が被災するなどの問題が生じる。



写真 4.3 改修後の出水により被災した例

河岸が平滑な護岸に置き換わった結果、復旧前と比べて流速は増大する。

流水中にさらされる物体に作用する流体力は、流速の二乗に比例して大きくなることから、急流河川では、粗度の低下による流速の増加により、流れの方向が変化する勾配変化点や湾曲部で激しい侵食や河床低下を生じやすくなる。また、直線部においても、河床材料の移動が激しくなって、急激な河床低下が生じることもある。

とくに急流河川においては、同規模の出水に対する復旧前後の流速の変化、河床面に作用する掃流力の変化について精査し、復旧後の河道の安定が保たれる計画とすること。

(6) 流程と調和した河岸・水際部と護岸工

被災箇所のセグメント（流程区分）の河岸・水際部の特徴を踏まえて、当該流程に調和した河岸・水際部を想定した上で、護岸工を選定する。

《解説》

- ・ 自然状態にある「河岸・水際部」はセグメント（流程区分）や河道平面形の位置（直線部・湾曲部の外岸・内岸）によって形状・材質・繁茂する植物が異なる。つまり、流程などによって形成される河岸・水際部には一定のパターンがある。
- ・ 例えば、谷底区間、扇状地区間は川幅がある程度大きく砂州や堆積域が発達し、河岸前面に水際部の形成を見ることができるが、自然堤防区間は水深が大きく、砂州や堆積域が水没し、河岸全面の堆積域が見られない場合が多い。
- ・ なお、各流程の河岸・水際部の形状については「■技術情報—各流程における河岸・水際部の特徴」（50p）を参照のこと。
- ・ また、河岸・水際部の構造は、河道が直線的な区間と、湾曲した区間では異なる。河道湾曲部の外岸側は洗掘域となるため水際部が形成されないが、内岸側には寄洲が発達し、水際部の形成が見られる。
- ・ 災害復旧に当たっては、現地調査に基づく当該箇所やその上下流の河岸・水際部の状況を参考にするとともに、被災箇所の流程や河道平面の位置（直線部・湾曲部の外岸・内岸）も把握し、形成すべき河岸・水際部の形状を明らかにしておくことが重要である。



写真 4.4 湾曲部内岸に形成される寄り洲

■技術情報－各流程における河岸・水際部の特徴

【山間地区間（主にセグメントM）】

山間地の河道の多くは、きわめて急勾配な河床、急勾配な側方斜面から形成され、大小様々な石礫が堆積しています。流路は急角的に方向を変え、露出する岩と巨礫から、河道の基本構造が形成される場合が多く、岩・巨礫が組み合った箇所では水が堰上がり、そこから落下する流れ（ステップ）と落下した水が溜まる小さな水溜まり（プール）が連続的に分布するAa型（ステップ&プール型）の瀬・淵構造が出現します。水面を覆う溪畔林（水辺林）は陸上カバー、倒流木は水中カバー、河岸・水際域の転石や石礫は多孔質な空間や入り組み、石に付着した苔や落葉は湿潤状態を保ちやすいという環境資源の機能を有しています。川幅が狭く溪畔林が河道を覆い日射が遮られること、また、栄養塩濃度と水温が低いことから、付着藻類の生産が抑制されます。また斜面や溪畔林から供給される有機物に依存している陸生昆虫、その排泄物や遺体、さらに落葉・落枝（これらを総称してリターと呼ぶ）が、イワナ、アマゴといった魚類や水生昆虫の餌や巣材となっています。本流程においては、河岸と水際域が同所的で、中流域に見られるような明確な河岸の法尻、法肩がないため、河床、河岸、陸域といった区分が明瞭でなく、河床から山腹までが連続的に変化するのが特徴です。さらに露岩、巨礫等から構成される河岸・水際域は、瀬・淵構造の分布に併せて、広狭を繰り返すのが特徴です。



写真 4.5 山間地区間の特徴（全景）



写真 4.6 山間地区間の特徴（近景）

[河岸・水際域に見られる植物の例]

河岸から山裾にかけての溪畔林は、カツラ・サワグルミ・シオジ・トチノキなどの落葉広葉樹が分布し、林冠は閉じ、光が届かなくなることにより河岸・水際域の抽水植物は少なくなります。溪谷や溪流と呼ばれる斜面や河道部には転石や倒木が見られ、カバーを形成しています。また水際域は河道の横断方向の大部分を占めます。

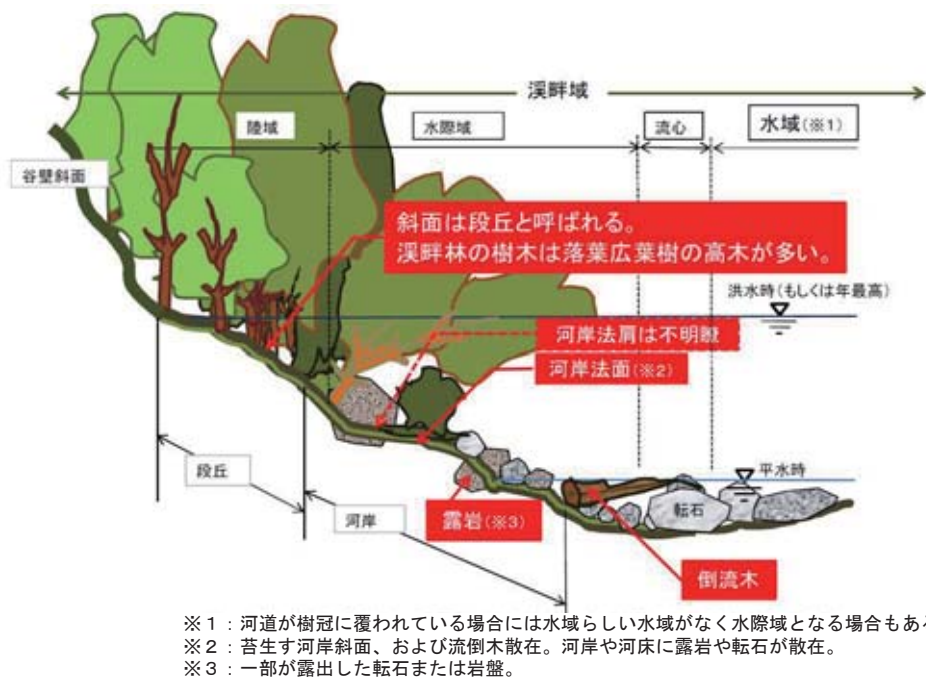


図 4.7 山間地区間（主にセグメントM）の河岸・水際域の特徴

【谷底平野区間】

谷底平野区間における河川は、山間地に形成された比較的平坦な谷底面を、谷底形状に制約されて蛇行しながら流下します。外岸側は山付部に接し、内岸側は山から離れている場合が多く、河床勾配はセグメント 1 から2-1に対応しています。水域の瀬・淵構造は河床勾配が大きい場合にはAa-Bb移行帯に、比較的小さい場合には湾曲部の外岸側に淵、その落ち込み部に瀬ができる場合が多いのですが、この場合の瀬・淵構造は正確にはBb型ではないので注意が必要です。河畔林（水辺林）によって水面に陰影ができ相対照度が適度に低下する場所があることや、多孔質な石礫群、水際の抽水植物が水上・水中カバーとなり、M型淵などによって凹凸の入り組みや、山影になりやすい部分では河岸法面の湿潤状態が保たれやすいといった環境資源を有しています。河道内への日射の抑制は小さくなり、川底での付着藻類の繁茂、そして、これを摂食するアユ、オイカワといった魚類、ヒラタカゲロウ、ヤマトビケラといった水生昆虫も増加します。

本流程では湾曲部と直線区間で河岸と水際域の状況が異なる点も注意が必要な特徴です。



写真 4.7 谷底平野区間の特徴（全景）



写真 4.8 谷底平野区間の特徴（近景）



写真 4.9 谷底平野区間の特徴
越美山系砂防事務所提供

[河岸・水際域に見られる植物の例]

湾曲部外岸側は水衝部となり、河岸と水際域は一致し、外岸側の山付部の河岸法面は急勾配となり、ヤナギ類やニレ科（ケヤキ、エノキ、ハルニレ）、といった落葉広葉樹を確認できます。また、山腹から崩落した石礫が河岸域に分布し、複雑な水際線を形成する場合があります。

一方、内岸側には寄州が形成され、水際域にはタデ類、ツルヨシの他、礫河原にはカワラハハコなどの草本群落を確認できることがあります。直線区間では川幅が小さい場合には河岸前面の砂州の形成が抑制され河岸と水際域は一致しますが、川幅が大きい場合には河岸前面に砂州が形成され水際域と分離することがあります。この場合、河岸から水際域にかけては内岸側同様タデ類、ツルヨシが繁茂することがあります。

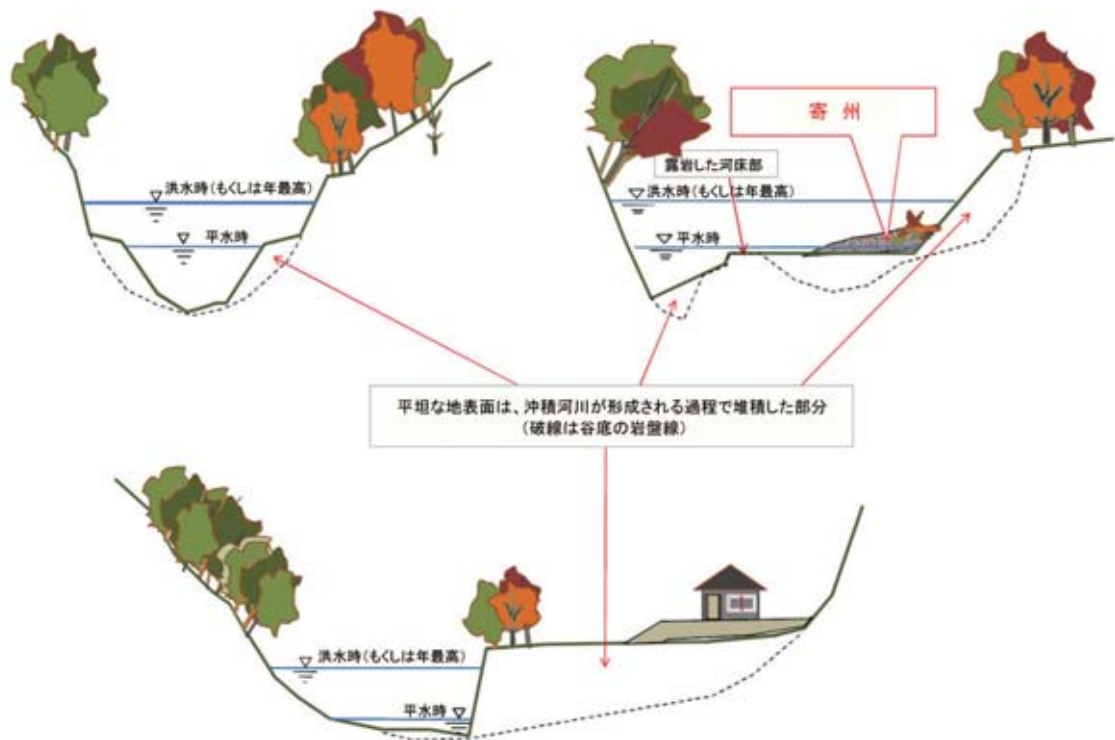


図 4.8 谷底平野区間の河岸・水際域の特徴

【扇状地区間（セグメント1）】

扇状地区間の河道には、網目状の砂州、複列砂州、交互砂州の発生が確認できます。交互砂州が形成されるとBb型に近い瀬・淵構造が見られます。複列砂州、網状砂州の場合は交互砂州同様に白波立つ早瀬と水深の大きな場所が一定の間隔で形成されますが、厳密な意味で可児の瀬・淵区分とは異なります。川幅が広いため河道全体に対する河畔林の影響は小さく、日射は抑制されません。また、巨礫、大礫等からなる河床材料は付着藻類の基質となり、アユやオイカワといった付着藻類を食べる水生生物に良好な環境となります。多孔質な砂礫堆が多く、明度の高い石礫が河原全体に広がりやすく魚類にとっては鳥類などの捕食者に見つかりやすいという、食物連鎖の捕食される側（魚類等の水生生物の側）からすると環境資源の負の機能を有していることになるともいえますが、生態系全体での食物連鎖には重要な区間として位置づけられるといった特徴があります。砂州が形成されるため河岸と水際は同所ではない場合が多く、砂州が洪水時に移動するため、その位置は変化します。自然河岸は河床と同一の構成物質（石礫）で占められており、河床材料と河岸構成材料に大きな変化はありません。河床から水際さらに河岸までを構成している材料の粒径は大きいのが特徴です（山本の区分によれば代表粒径は2cm以上です）。

なお、山間地区間や谷底平野区間に比べて川幅が広がるため、河岸・水際域の役割が低下します。



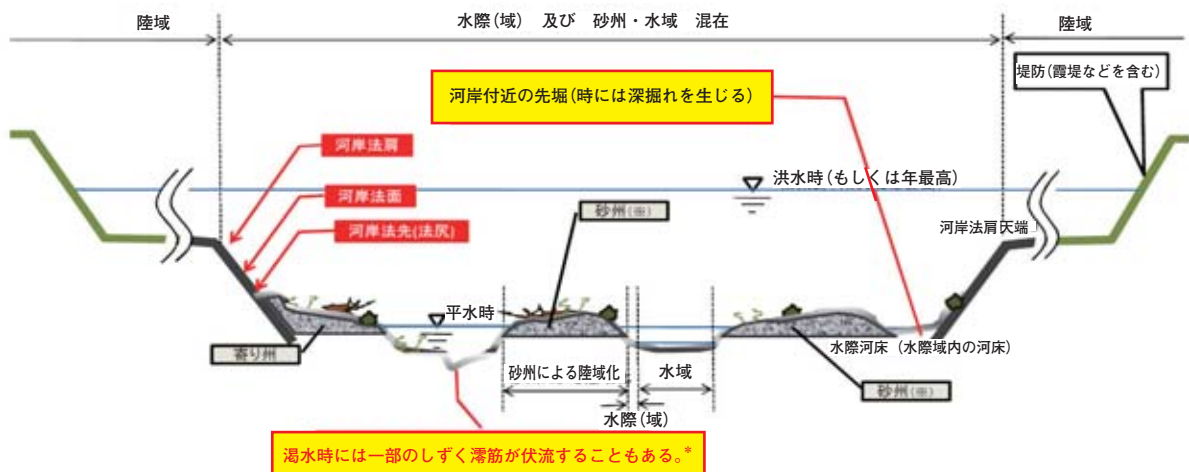
写真 4.10 扇状地区間の特徴
黒部川扇状地
(黒部河川事務所HPより転載)



写真4.11 扇状地区間の特徴
木曾川中流部三派川地区
(写真提供 木曾川上流河川事務所)

[河岸・水際域に見られる植物の例]

扇状地区間は河道内での草本や木本は確認しにくいのですが、河畔林には成長の早いヤナギ等を確認できます。草本類としては河道内に点在する砂州の所々にススキ、ツルヨシなどのほかに礫質の河原では河原固有植物のカワラサイコ、カワラハハコ、カワラヨモギといった植物を確認できます。また巨礫や大礫といった礫径の大きな河床材料を好む魚類にとっては生息・生育・繁殖場として、また移動経路として利用している魚類にとっては捕食者からの避難場として機能しています。



※砂州が河道内に多数ある。砂州には流木や河原植物が点在することがある。

図 4.9 扇状地区間 (セグメント1) の特徴

【自然堤防帯その1（セグメント 2-1）】

セグメント2-1では、河道が規則的に蛇行しながら、また、河道内には交互砂州が形成されて典型的なBb型の瀬・淵構造が形成される場合が多く、瀬と淵の位置は河道湾曲部外岸側が水衝部となり淵が、その落ち込み部に瀬が形成されます。また、湾曲部内岸側には寄州が形成されて河原を見ることができます。河床材料は小礫、砂となり、扇状地と比較して小さくなります。

セグメント1に比べて河岸～水際域では植物も繁茂し、陸上カバー・水中カバーもあります。また蛇行によって形成される河岸浸食で水際の平面的な凹凸である入り組みと、石礫群による多孔質な空間といった環境資源の機能を有しています。

この流程では、外岸側は河岸と水際域が同所的となり、内岸側では河岸と水際域が分離することが多く、河岸の構成材料は河床付近が河床材料と同程度の粒径となります。河岸上部にはシルトが堆積し、河岸上部と下部で構成材料が異なる場合が多いといったことが特徴です。



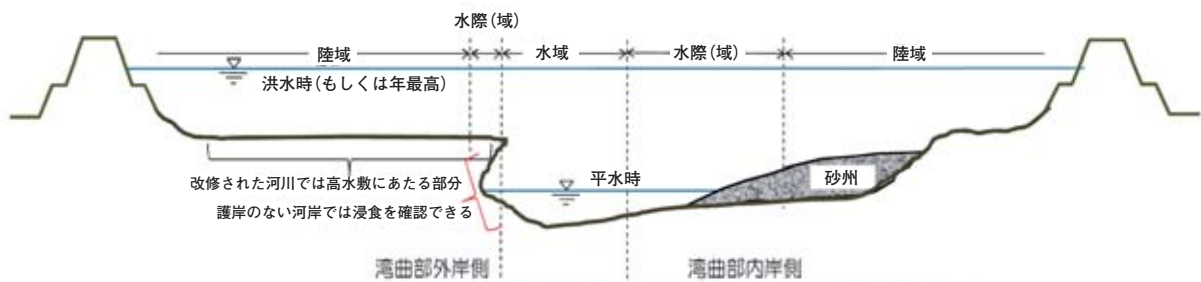
写真 4.12 セグメント 2-1 の特徴
（全景）長良川 S50 年代後期
『空から見る木曾川三川（昭和58年）』より



写真 4.13 セグメント 2-1 の近景

[河岸・水際域に見られる植物の例]

河畔林はヤナギ（ジャヤナギ、アカメヤナギ等）とニレ科（エノキ、ムクノキ、ハルニレ等）、ハンノキの落葉広葉樹が主で、その他にクワ科や竹林、ノイバラ低木にクズなどのつる性植物が巻きついたものが点在。陸域から水際にかけてはツルヨシの他に“河原（カワラ）”の名が付く（カワラサイコ、カワラハハコ、カワラヨモギ）、乾燥した場所ではススキ、オギといった草本類も確認できます。瀬・淵とともに、侵食されて比高差のある庇状になった河岸、水際域のツルヨシ、平面形としての入り組みが魚類の生息・生育・繁殖場として機能しています。



注：本横断模式図は実河川に対して砂州や浸食を強調するために縦方向の縮尺イメージを横方向よりも大きく歪ませている。

図 4.10 セグメント 2-1 の特徴

【自然堤防帯その 2 (セグメント 2-2)】

セグメント 2-2 の区間では徐々に水深が深くなり、瀬・淵構造は Bb 型 → Bc 型に移行、明瞭な瀬が存在しなくなります。きちんと調べられてはいませんが、Bb 型と Bc 型の「瀬・淵」タイプの境界はセグメント 2-1 及び 2-2 の境界付近と一致するでしょう。また、堆積した砂州や寄州もそのほとんどが水中に没するため河岸前面に砂州が堆積することもあります。

細粒分を多く含む河床材料になるため、河岸が侵食されると庇状になり、陸上カバーとしても機能します。その他セグメント 2-1 よりも掃流力が低下しているために河岸～水際域の植物が増えるために陸上カバーや水中カバーが発達します（写真をセグメント 1 から 2-1 までを順に比較すると砂州の緑被化が理解できます）。その他、ワンドといった比較的大規模な入り組みや法面上の湿潤状態も見られ、豊富な環境資源の機能を有していることが特徴として理解できます。この流程になると水深が大きく河床まで日射が到達しないため河川内での付着藻類の生産は抑制されますが、上流の流程から流下してくる豊富な有機物が餌資源となります。また、縦断方向の環境の変化が乏しくなる一方、ワンドやたまり等横断方向に多様な環境が出現し、イシガイ類やタナゴ類のように氾濫原固有の生物の維持に寄与していることも特徴です。



写真 4.14 セグメント 2-2 の特徴



写真 4.15 セグメント 2-2 の特徴
『空から見る木曾三川(平成 6 年)』より

[河岸・水際域に見られる植物の例]

この流程では砂州が水没するために河岸と水際は同所的であり、また、河岸材料はシルト、粘土からなり粘着性があり、耐浸食力が強くなります。河畔にはヤナギ、ニレ科（エノキ、ムクノキ）の落葉広葉樹も確認できます。ワンドやたまりといった、入り組みではこれらの樹木が陸上カバーとして魚類の生息場としての機能を有しています。

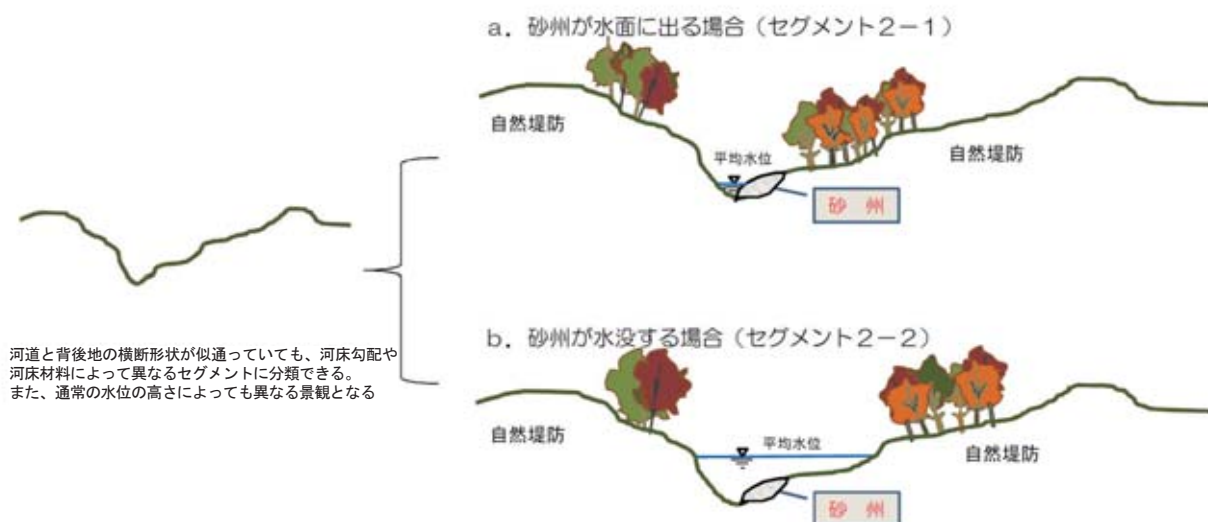


図 4.11 セグメント 2-1 とセグメント 2-2 の違いと特徴

【三角州（主にセグメント3）】

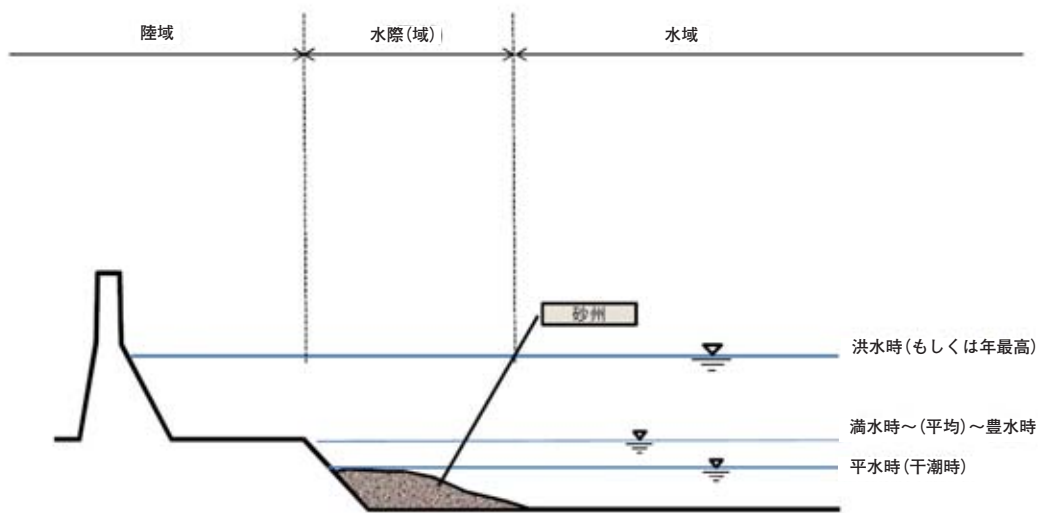
この区間は潮の満ち引きにより、水際は前後に移動し、干潟が形成されるのが特徴です。生態学上の河川形態は定義されていません。

この河岸・水際は干潮区間のために水位の干満の影響を受けます。また、洪水だけでなく地震時の津波や台風襲来時の高潮の影響を受ける区間であるため、その外力にも耐える必要から河岸は強固です。日中の干満によって水際は大きく変化します。干潟の植物は潮の満ち引きによって陸上カバーと陸上カバー＋水中カバーの機能を有しています。ヨシなどの抽水植物群落による入り組みが貴重な環境資源としての機能を有していることもこの流程での特徴です。



写真 4.16 セグメント3の特徴
木曾川下流河川事務所提供

写真 4.17 セグメント3の近景



感潮区間では海の干満の影響を受けやすい。魚類も汽水域に生息するボラやスズキなどが生息。
 流下能力確保のために河床浚渫を余議なくされたり、河口部閉塞の要因でもある砂嘴などよばれる河口砂州が流下能力上の障害となることもある。

図 4.12 セグメント3（地形区分はデルタ）の特徴

(7) 良好な淵は保全することを原則とする

良好な淵が存在する場合、できる限りこれを保全することを原則とする。

《解説》

- ・ 湾曲部外岸側には規模（深さ、面積）が大きいM型の良好な淵が形成されることが多い。淵の種類については「3.3 河川環境の把握」（25p）を参照のこと。淵は魚類の重要な生息場所となる一方で、洗掘に伴う河岸侵食を引き起こす可能性もあるため、護岸工の設置に当たっては環境への配慮、河岸侵食の防止の両面からの留意が必要である。
- ・ 洗掘対策として根固工を設置する場合には、淵の形成を妨げないように設置する高さ等に留意することが必要である。具体的には、同じ河川や類似河川の淵の規模（深さ・幅）を参考に、基礎工の根入深さ、根固工の設置高さ・範囲を検討する。
- ・ また、川幅が狭い中小河川では、法面を緩勾配にすると淵が形成されにくくなることから、護岸を急勾配にすると淵の形成に繋がる。
- ・ ただし、湾曲部外岸側の法面を急勾配とすることによって、深掘れが進行し、護岸・根固が被災する可能性もあるため、復旧後の河道による流向や流速等を勘案して検討することが必要である。なお、湾曲部外岸側に形成される淵の深さについては「■技術情報—湾曲部外岸側に形成される淵の深さ」（61p）を参照のこと
- ・ 河畔樹木が存在する場合には、法面を急勾配とすることにより、樹木が水面にせり出し、魚類の生息場所としての機能を高める効果もある。したがって、このような場合には淵と河畔樹木をセットで保全することが大切である。
- ・ 湾曲部外岸側の護岸の前面に巨石のような凸部構造があると、M型の淵にR型の淵が重なり、淵がより発達する。写真（左）の事例では、景観的にも違和感がないため、こういう工夫の検討もあり得る。



写真 4.18 湾曲部外岸の淵の保全を図った例（左）とそうでない例（右）



写真 4.19 河岸の凸部が淵を形成している例（平井川：東京都）

■ 技術情報－湾曲部外岸に形成される淵の深さ

「護岸の力学設計法」では、護岸の設計条件の一つとして、最深河床高を評価している。湾曲部外岸の最大洗掘深については、山本(1988)により、平均年最大流量が流下した際に生じた洗掘深のデータが示されており、最深河床高を評価することにより、淵を保全するために必要な護岸の根入れ長、根固工の設置高さ等を検討する際の目安となる。下図に基づく評価結果と被災箇所での実測値とを併せて湾曲部の最大洗掘深を評価し、設計条件とする。

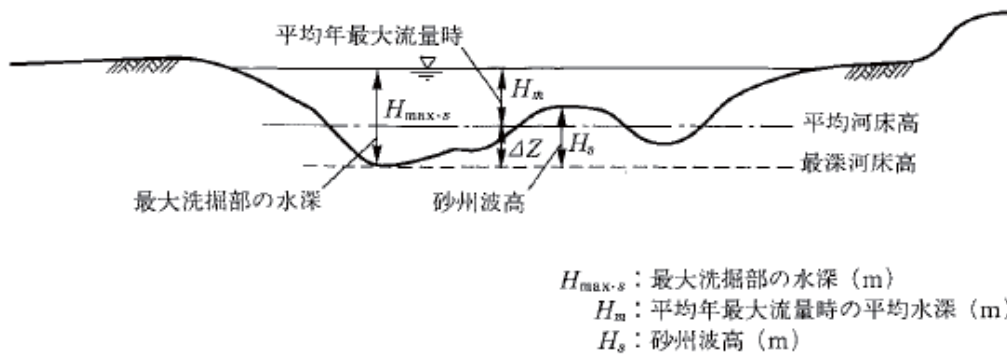


図 4.13 実河川の最大洗掘部の水深 (H_{max-s}) の説明図

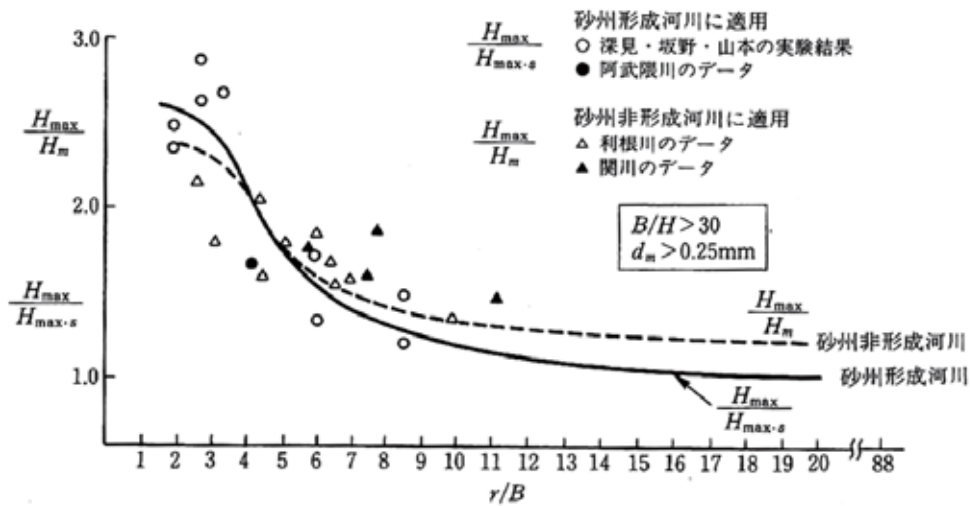


図 4.14 湾曲部における H_{max}/H_m と r/B との関係

本図は平均年最大流量時の最大洗掘部の水深 (H_{max}) と河道湾曲部の曲率半径 (r/B) との関係を示したものである。例えば、幅 $B=10\text{m}$ 、曲率半径 $r=60\text{m}$ ($r/B=6$)、直線部に砂州の見られない川 (砂州非形成河川) における H_{max}/H_m は、上図からの読み取りで 1.5 程度である。平均年最大流量時の平均水深 H_m が 2m であるとする $H_{max}=3\text{m}$ となり、湾曲部外岸は平均河床高より 1m 程度深く掘れることが予想される。

(8) 河畔樹木の保全

河畔樹木は治水上の支障がない限り、これを保全することを原則とする。

《解説》

- ・ 河畔樹木には、以下のような機能があるため、治水上支障がない限り、保全することを原則とする。
 - ① 河岸付近の洪水時の流速を低下させると同時に、根が土を緊縛する働きをするため、河岸を保護する治水機能を有している。
 - ② 魚類にとっての緑陰や落下昆虫の供給、あるいは鳥類の営巣、両生類や爬虫類の休息場所等を確保する役割を持つ。
 - ③ 河床に到達する日射が抑制され、その部分の植生の繁茂が抑えられ、河道内植生の維持管理が容易になる。
 - ④ 都市部では貴重な緑であり、木々の緑は見る人に精神的な安息・充足をもたらす働きがあり、また、日陰をつくることにより、散歩などを快適に行うことができる空間を提供できる。
- ・ 現況の河道に良好な河畔樹木がある場合は、護岸の設置位置を含む護岸工法や施工方法を工夫することにより保全を図ることを原則とする。
- ・ 保全が困難な場合においても、天端のちょっとしたスペースを活用して樹木する、河道内の急拡部に植樹をするなどの復元を検討すること
- ・ 掘込み河道の河岸の天端付近に植樹する場合は、護岸構造に支障を与えないよう護岸法肩から必要な距離を確保すること、もしくは、樹根を受け入れる耐力の確保が求められる。後者の場合は、防根シートの設置等の対策を検討する。また、洪水の影響を受ける範囲に植樹を行う場合には、洪水に対する安全性、樹木の管理体制、流木対策等についても検討を行う。



写真 4.20 低水護岸整備にあたり河畔樹木を保全した例（長良川：岐阜県）

(9) 湧水・浸透水の保全

湧水・浸透水がみられる河岸・水際部における災害復旧においては、これを保全することを原則とする。

《解説》

- ・ 自然の河岸では、地下に浸透した雨水などが河岸の表面に滲出する、湧水となって河床から湧き出す場合がある。
- ・ 河岸に生育する植物と相まって湿った状態が作り出されている。このような河岸の湿った状態は、河岸や水際部に特有の多様な草本植物の生育要因となるとともに、小動物の生息あるいは移動経路に適した環境を形成している。
- ・ コンクリートブロック積や石積等の護岸が設置されると、護岸背面の排水や土圧・残留水圧を軽減するための裏込材と栗石などの中詰材によって浸透水の浸潤面が急激に落ち込むため、浸透水が法面まで供給されなくなる。このため、河岸法面からの浸透水が確認される地点に護岸を設置するに当たっては、排水処理での工夫がなされることが望ましい。

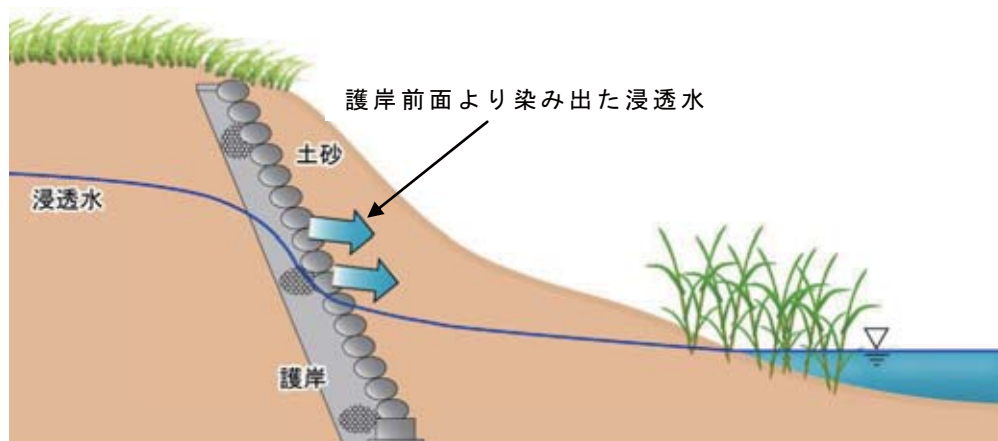


図4.15 背後に設置した護岸の透水性の確保（イメージ）

図のように、浸透水が徐々に護岸前面へ染み出す事が望まれるが、現在、湧水・浸透水の保全を行う有効な技術は少ないので、今後の技術開発に期待される。

(10) 石の過剰な採取は慎む

現場に見られる巨礫等は残置することを原則とする。
径の大きい石を過度に採取せず、河床に残す。

《解 説》

- ・ 急流河川では、洪水によって河道の巨礫が流出することがある。こうした巨礫は河積を阻害するおそれがある一方で、粒径の小さな土砂を捕捉する機能があり、河川上流部の特徴的な景観を形成している。また、護岸・床止めの代わりとして河床安定の効果を期待して積極的に活用すべきである。
- ・ したがって、急流河川において、河道内に巨礫がみられる場合には、掘削によらない復旧においても、それらの巨礫は取り除かず、現地に残置することを原則とする。巨礫を残置するに当たっては横断形にも配慮し、流下断面は巨礫を考慮して設定するものとする。
- ・ 急流河川では、河床材料のうち最も大きい巨礫同士がかみ合うことによって、階段状の河床形態であるステップ&プールを形づくり、河床が安定していることが多い。復旧工事に当たって、巨礫がかみあったステップ部を壊さないように留意するとともに、巨礫の配置を動かさざるを得ない場合であっても、巨礫は撤去せず残置すること。
- ・ 石系護岸の材料の現地採取や寄せ石を行うに当たって、河床に点在する径の大きい材料を選択的に採取して使用すると、石を採取された後の河床は土砂が移動しやすくなり、河床低下の原因となったり、河床形態が単調になるおそれがある。河床に見られる大きい石は、復旧工事に必要な分を除いて存置することを原則とする。
- ・ 石系護岸の材料を現地採取で計画する際には、石の現地採取が河床表層の粒度分布を変化させるほどのものでないか、留意する。使用材料が少量の場合あるいは現地に十分な量の石がある場合を除いて、現地採取は慎むべきである。なお、巨礫の残置については「6. 床止め (2) 急流での留意事項」(141p) を参照すること。

4.2 設計流速算定表（B表）の作成

護岸選定のための外力として、護岸近傍に作用する代表流速を用いることとし、設計流速算定表（B表）に基づいて算定する。B表は、査定設計書作成時、災害査定時、成功認定時に提示する。

《解説》

- ・ 護岸選定のための外力として用いる設計流速は、マンニングの公式で求めた断面平均流速をもとに、河道法線形、砂州、洗掘等の要因を考慮し補正して求めるものとし、設計流速算定表（B表）に基づいて算定する。
- ・ B表は、査定設計書作成時、災害査定時、成功認定時に提示できるようにしておく。なおB表は河道形状、規模等に応じて適宜修正して作成してもよい。
- ・ 粗度係数、設計水位、平均流速、補正係数、最大洗掘深の求め方、及び設計流速の決定についての詳細な解説は、巻末資料「I. 設計流速の算定に関する参考資料」に示す。
- ・ B表により求めた設計流速は絶対的なものではないので、現地精査の状況等も十分勘案し、活用するものとする。

《設計流速算定表》B表

河川名

河道諸元		計算対象区間				測線[No.]		(被災前)	備考
河道諸元	位置								
	設計水位での川幅	[B (m)]							
	低水路幅	[b (m)]							
	曲率半径(河道中心)	[R (m)]							
	河道湾曲半径(内岸側)	[r (m)]							
	エネルギー勾配	[Ie]							
	河床の代表粒径	[d _R (m)]							
	左岸法勾配	1:							
右岸法勾配	1:								
径 深	径 深	[Rd (m)]							
設計水深 [Hd]	設計水位	[h (m)]							
	現況平均河床高	[Z (m)]							
	設計水深	[Hd (m)]							
粗 度 係 数	各部粗度	高水敷部	[n ₁]						
		河床部	[n ₂]						
		左岸護岸部	[n ₃]						
		右岸護岸部	[n ₄]						
	潤 辺	高水敷部	[S ₁]						
		河床部	[S ₂]						
		左岸護岸部	[S ₃]						
		右岸護岸部	[S ₄]						
	合成粗度係数	合計	[S]						
		[n ₁ ^{3/2} × S ₁]							
		[n ₂ ^{3/2} × S ₂]							
		[n ₃ ^{3/2} × S ₃]							
	合成粗度係数	[n ₄ ^{3/2} × S ₄]							
		計							
合成粗度係数		N							
平均流速 [V]	$V_m = 1/N \cdot R d^{2/3} \cdot I_e^{1/2}$								
限界流速 [V]	$V_c = (g \cdot R d)^{1/2}$								
最大洗掘深	直 線 部	現況最大洗掘深(実測値)	[ΔZ _g]						
		低水路幅・設計水深比	[b/Hd]						
		設計水深・代表粒径比	[Hd/d _R]						
		砂州波高・設計水深比	[H _s /Hd]						
		洗掘部の水深	[H _{max} ・s]						
	湾 曲 部	推定最大洗掘深(計算値)	[ΔZ _s]						
		最大洗掘深	[ΔZ]						
		現況最大洗掘深(実測値)	[ΔZ _g]						
		低水路幅・河道湾曲半径	[b/r]						
		洗掘部水深・設計水深比	[H _{max} /Hd]						
影 響 部	洗掘部の水深	[H _{max}]							
	推定最大洗掘深(計算値)	[ΔZ _s]							
	最大洗掘深	[ΔZ]							
補正係数	直 線 部	固定床	α ₁ =1						
		移動床	{ΔZ/2Hd}						
		α ₁ =1+ {ΔZ/2Hd}							
	湾 曲 部	固定床	{b/2R}						
		α ₁ =1+ {b/2R}							
		外 岸 部	{ΔZ/2Hd}						
		移動床	{b/2R}						
		α ₁ =1+ {b/2R} + {ΔZ/2Hd}							
		内 岸 部	{b/2R}						
	影 響 部	α ₁ =1+ {b/2R}							
{ΔZ/2Hd}									
{b/2R}									
根固め工	B _w /H ₁ >	→ α ₂ =0.9							
	B _w /H ₁ ≤	→ α ₂ =1.0							
α	採用補正係数	{α ₁ * α ₂ }							
代表流速 [V ₀]	$V_0 = \alpha \cdot V_m$								
※設計流速 V _D = _{mean} V ₀									

4.3 法覆工

(1) 法覆工選定の考え方（C表）

法覆工は、当該箇所設計流速等の外力、被災状況、被災原因、河川の規模、河道状況、背後地の状況、河川環境、断面形状に加え、素材の耐久性、経済性、施工性等を総合的に勘案して選定する。

《解説》

- ・ C表には、工法をコンクリート系、石系、かご系、木系、シート系、植生系に大別し、各工法に該当する代表的な工法を選定して、それぞれの適用範囲をセグメント（流程区分）および代表流速の2つの視点から示した。
- ・ 法覆工の選定に当たっては、まず、被災箇所のセグメント、設計流速、法勾配に基づいて復旧工法の候補を抽出し、その場の治水上の条件（掘込・有堤、単断面・複断面、転石の有無など）そして環境上の特性を抽出した工法の特性、配慮すべき事項と照らし合わせ、詳細な工法を決定する。なお、各工法の特性と配慮すべき事項については後述したので参考にする。
- ・ 各工法の適用範囲は、現在のところ施工実績等から求めた工法選定上の目安である。被災原因は洗掘、天端からの侵食等流速だけでは決まらないことに留意し、被災原因の除去、再度災害の防止という観点から工法を選定することが大切である。また、適用流速の範囲内にあっても、転石による破損、素材の経年的劣化に伴う安定性の低下が生じる場合もあるので維持管理の視点も踏まえて工法を決定する。
- ・ C表は主な工法を紹介したものであり、必要に応じて現地の状況に合った機能的かつ経済的な新工法等を採用することは可能である。この場合の検証方法は、「国土交通省 河川砂防技術基準（案）同解説」や「改訂 護岸の力学設計法」（（財）国土技術研究センター編）等を参考に個別に行う。
- ・ なお、復旧箇所が、景観や自然環境における重点区間・重点箇所（「3.4 周辺環境の確認と重点箇所の判定」（31p）を参照のこと）と判断された場合、復旧工法の選定はC表によらずともよい。

護岸工法設計流速関係表（C表）

護岸の法勾配が1：1.5より急な場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

セグメント			復旧工法例			設計流速										
山間地河道	谷底平野扇状地河道	自然堤防帯三角州	素材	構造	工法	(m/s)										
						2	3	4	5	6	7	8	～			
			石系	自然石(練)	1	巨石積(練)	4～8									
					2	野面石積(練)	4～8									
					3	間知石積(練)	4～8									
				自然石(空)	4	巨石積(空)	5									
					5	野面石積(空)	5									
					6	間知石積(空)	5									
					7	連結自然石(空積)	8									
					8	アンカー式空石積	8									
			コンクリート系	コンクリートブロック(練積)	9	コンクリートブロック練積	4～8									
					10	ポーラスコンクリートブロック練積	4～8									
				コンクリートブロック(空積)	11	コンクリートブロック空積	5									
					12	ポーラスコンクリートブロック空積	5									
			かご系	かご(多段)	13	鉄製籠型多段積工	6.5									
					14	パネル枠工(ダクタイルパネル)	4.5									
			木系	丸太格子	15	丸太格子(片法枠工含)	4									
				木製ブロック	16	木製ブロック	4									
				杭柵	17	杭柵	4									
					18	板柵	4									

※上表の適用範囲は目安であるため、設計流速に適用できる合理的な工法は積極的に採用して良い。
 ※復旧工法の留意事項を十分考慮し、工法を選定する。

注) 植生の復元を図るため、可能な範囲で残土を使うようにし、法肩や水際に覆土を行うこと

護岸工法設計流速関係表（C表）

護岸の法勾配が1：1.5より緩い場合に適用する工法例
（他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

セグメント			復旧工法例			設計流速										
						(m/s)										
山間地河道	谷底平野 扇状地河道	自然堤防帯 三角州	素材	構造	工法	2	3	4	5	6	7	8	~			
									石系	自然石(練)	1 巨石張(練)	4~8				
					2 野面石張(練)	4~8										
					3 間知石張(練)	4~8										
				自然石(空)	4 巨石張(空)	5										
						5 野面石張(空)	5									
						6 間知石張(空)	5									
						7 連結自然石(空張)	4~8									
			コンクリート系	コンクリート ブロック張	8 コンクリートブロック張	4~8										
							9 ポーラス コンクリートブロック張	4~8								
							10 法枠工	4~8								
					連節ブロック	11 連節ブロック	5									
							12 大型連節ブロック	5								
							13 ポーラス連節ブロック	5								
			かご系	蛇籠	14 植生蛇籠	5										
					かご(平張)	15 鉄線籠型平張り工	5									
					袋体	16 連結袋体張(礫)	5									
			木系	丸太格子	17 丸太格子 (片法枠工含)	4										
							18 粗朶法枠	4								
					粗朶法枠	19 粗朶柵工	4									
							20 木製格子工	4								
					杭柵	21 杭柵	4									
							22 板柵	4								
			シート系	ジオテキスタイル	23 ジオテキスタイル	3										
							24 植生マット	3								
					ブロックマット	25 ブロックマット	4									
							26 植石ネット	4								
			植生系	張芝	27 張芝	2										

※上表の適用範囲は目安であるため、設計流速に適用できる合理的な工法は積極的に採用して良い。

※復旧工法の留意事項を十分考慮し、工法を選定する。

※法枠工：中張材によって、設計流速が変わる工法である。

（例 中張材がコンクリートの場合は8m/s、自然石(空)の場合は5m/s等。）

(2) 法覆工の特徴と留意事項

法覆工の選定に当たっては、法覆工の工種別の構造と特徴を理解するとともに、選定した工法を適用する際の留意事項を十分に理解する。

《解説》

- ・ 法覆工の特徴の理解
 - ・ 法覆工については、工法別の構造と特徴を、治水上、環境上の機能の両面から理解しておくことが必要である。
 - ・ 代表的な工法の特徴と設計・施工に当たっての留意点を次頁以降に示している。これらの留意点は、該当する工法を選択した際のチェックリスト項目としてA表に抽出し、チェックの対象となることから、十分に理解して、復旧工法の設計・施工に反映する。
 - ・ 法覆工の種類によって素材・形状等により大きく特性が異なること、その環境上の特性については、法覆工の種類だけでなく、設置場所、その後の洪水等の履歴によって変化することから、施工完了後においても継続的に追跡調査を行うことが重要である。
- ・ 法覆工の環境機能
 - ・ 法覆工を含む護岸工は、河岸・水際部を構成する一要素であり、可能な限り控えて設置し、その前面に河岸・水際部を形成することが原則となる。
 - ・ しかし、制約条件により護岸が露出し、河川景観、自然環境に影響を与える場合には、必要な環境上の機能を護岸に付加することが必要となる。
 - ・ 環境上の機能は、コンクリート系、石系、かご系、木系、シート系、植生系の5つの工法によって異なるので、各工法の流水に対する安全性、土圧に対する安定性だけでなく、環境上の機能を理解し、各工法の長所を活かし、短所を克服するように設計・施工上の配慮を行う必要がある。
 - ・ ここでは、法覆工の環境上の機能を「河川景観」、「自然環境」の2つに大別し、工法別に留意すべき項目について整理する。なお、具体的な留意事項については後述する。

1) 河川景観に関する具体的な留意事項

- ・ 災害復旧において河川景観を保全するためには、護岸が周囲の景観と調和し、目立たないことが原則となる。このための具体的な留意事項を「法面部分」、「水際部分」、「天端・法肩部分」、「それ以外の部分」の4つの部分に分けて示せば以下のとおりである。

① 法面部分の留意事項

- ・ 法面を分割する。
- ・ 法面の明度・彩度を小さくする。
- ・ 個々の素材は適切な大きさとする。
- ・ 個々の素材にはテクスチャーを付ける。
- ・ 法面において忌避される景観パターンを避ける

② 水際部分の留意事項

- ・ 水際のラインを不明瞭にする。

③ 天端・法肩部分の留意事項

- ・ 天端・法肩のラインを不明瞭にする。

④ その他の部分の留意事項

- ・ 水抜きパイプ、小口止め等
- ・ これら4つの部分は全ての工法で留意すべき事項ではなく、工法によっては留意しなくてもよい項目もある。詳細については「4.3 法覆工」（67p～69p）および表4.1「具体的な留意事項」（72p）、「設計・施工チェック項目一覧表」（39p）を参照すること。

2) 自然環境に関する具体的な留意事項

- ・ 護岸が露出する場合には、自然環境を保全するため法面に生物の生息・生育環境が確保されていること、生物の移動経路が確保されていることの2点が必要となる。
- ・ 以下に示す①と②は主として生息・生育に関係する項目であり、③は移動経路に関する項目である。なお、自然環境については、背後地が良好な場合において留意すべき項目となるので注意する。

① 植生が繁茂するための空隙

② 湿潤状態を確保するための透水性・保水性

③ 生物の移動経路

- ・ 河川景観の機能、自然環境の機能に対する具体的留意事項と、留意事項を適用すべき法覆工の工法の対応を、表 4.1 に示す。
- ・ 次ページ以降に、法覆工の種類と特徴、具体的な留意事項について表に示すとともに、個別の留意事項についての解説を示す。

表 4.1 具体的な留意事項

機能	部分	具体的留意事項	コンクリート系	石系	かご系	木系	シート系	植生系
河川景観	法面部	護岸を分節して法面を小さく見せる	緩・急	緩・急	緩・急		緩 注1	
		法面の明度・彩度を抑える。	緩・急					
		素材は適切な大きさとする。	緩・急	緩・急				
		テクスチャーを持たせる。	緩・急					
		忌避される景観パターンを避ける。	緩・急					
	水際部	水際部に植物の繁茂を促して、水際のラインを不明瞭にする。	緩・急	緩・急	緩・急	緩・急	緩	緩
	天端・法肩部	天端・法肩のラインを不明瞭にする。 (4.7 参照)	緩・急	緩・急	緩・急			
その他	水抜きパイプ、小口止め等 (4.7 参照)	緩・急	緩・急					
自然環境		植生基盤となる空隙	緩・急	緩・急	緩・急 注1	緩・急 注1		
		湿潤状態を確保するための透水性・保水性	緩・急	緩・急	緩・急 注1	緩・急 注1		
		生物の移動経路を確保	急	急 注2	緩・急 注1・注2	緩・急 注1・注2		

緩：1割5分より緩い場合（張り護岸）、急：1割5分より急な場合（積み護岸）

注1：覆土・中詰土砂等の対応により留意事項から除外される項目である。

注2：多くの生物にとっては問題とはならないが、種によっては登攀が難しい生物もある。

表 4.2 護岸工法（法覆工）の種類と特徴

護岸の法勾配が1：1.5より急な場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

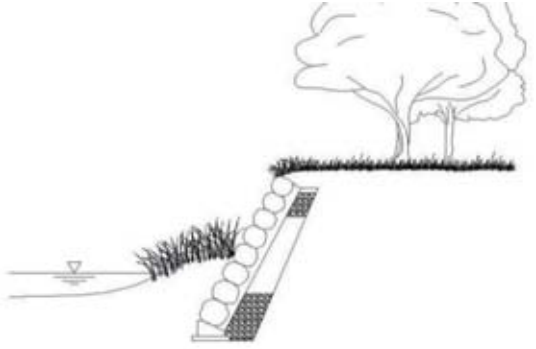
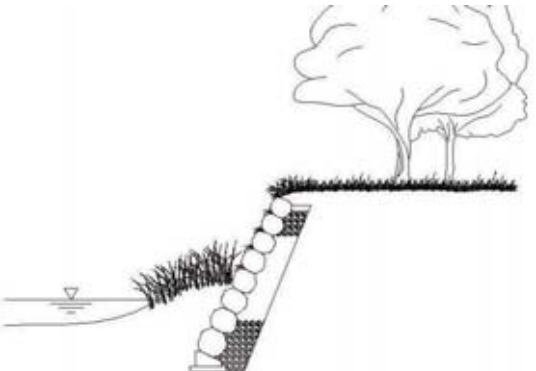
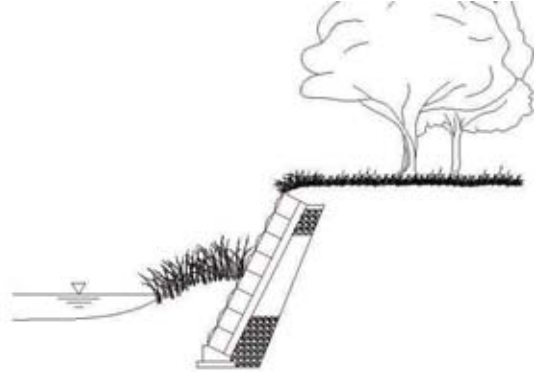
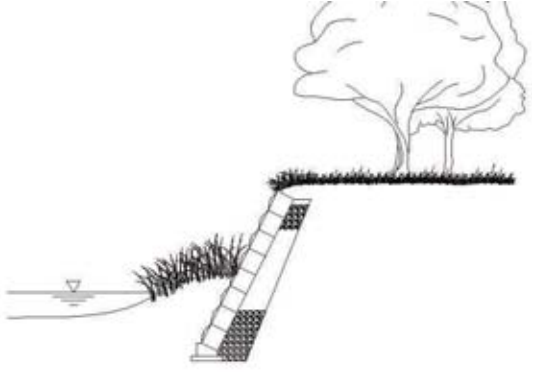
復旧工法例		工法の概要図	工法の特徴
石系	自然石（練積）		<ul style="list-style-type: none"> ・野面石、間知石、雑割石、割石などを積み重ね、石のかみ合せによるせん断抵抗を増し、さらに胴込コンクリート等により石材相互の一体化を図った構造である。 ・自重により急勾配ののり面を保持する工法である。 ・現地石材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。 ・深目地構造にすることで、空隙を持たせることができる。 ・石材を選べば、生物の移動経路に適したのり面の粗度も持たせることができる。
	自然石（空積）		<ul style="list-style-type: none"> ・野面石、間知石、雑割石、割石などを積み重ね、石のかみ合せ等により石材間のせん断抵抗を増した構造である。 ・自重により急勾配ののり面を保持する工法である。 ・現地石材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。 ・適度な空隙を持たせることができる。 ・適切な中込め材を用いれば、透水性を持たせることができる。 ・石材を選べば、生物の移動経路に適したのり面の粗度も持たせることができる。
コンクリート系	コンクリートブロック（練積）		<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートブロックを積み重ね、胴込コンクリート等によりブロック相互の一体化を図った構造である。 ・自重により急勾配ののり面を保持する工法である。 ・多種多様なものがあるので、景観性能や自然環境性能をきちんと評価する必要がある。 ・構造によっては景観や自然環境に配慮できる。
	コンクリートブロック（空積）		<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートブロックを積み重ね、ブロックの突起や中込材、連結金具等によりブロック間のせん断抵抗を増した構造である。 ・自重により急勾配ののり面を保持する工法である。 ・多種多様なものがあるので、景観性能や自然環境性能をきちんと評価する必要がある。 ・構造によっては景観や自然環境に配慮できる。 ・透水性を持たせることができる。

表 4.2 護岸工法（法覆工）についての設計施工上の留意事項

護岸の法勾配が1：1.5より急な場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

留意項目							留意事項	
景観				自然環境			設計段階	施工段階
天端	法面	水際	他	空隙	湿潤	移動		
●	●	●	●	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→p84～ ・河畔林の保全 ・配置に努める。→p62 ・壁高が高い場合、護岸を分節する。→p83 ・現況が良好な状況の河川では、現況と同程度の粗度係数に設定する。→p47～ ・適切な大きさ、種類の石材を選定し、石材に合わせた適切な積み方を用いる。→p102～ ・天端部は美しく仕上げる。→p123～ ・小口止めを目立たせない。→p127～ （水際及び背後地の自然環境が良好な場合、下記にも留意する。） ・植生基盤となりうる空隙を持たせる。→p109 ・湿潤状態ののり面を確保するために透水性・保水性を持たせる。→p110 ・生物の移動経路を確保する。→p111～ 	<ul style="list-style-type: none"> ・水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→p132～ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→p59～ ・使用する石材は現地の材料をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→p104～ ・石材に合わせた適切な積み方により施工する。→p104～ ・望ましくない積み方による施工は避ける。・伸縮目地部や隅角部も美しく仕上げる。 ・小口止めや天端部を美しく仕上げる。→p123～ ・水抜きパイプを設置する場合、極力目立たないように工夫する。→p129
●	●	●	●	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→p84～ ・河畔林の保全・配置に努める。→p62 ・壁高が高い場合、護岸を分節する。→p83 ・現況が良好な状況の河川では、現況と同程度の粗度係数に設定する。→p47～ ・護岸が露出する場合、護岸の明度は6以下を目安とする。→p87～ ・護岸が露出する場合、護岸の彩度は0、もしくは周囲の景観と調和させる。→p87～ ・護岸が露出する場合、護岸の素材に適度なテクスチャーを持たせる。→p95～ ・護岸が露出する場合、景観パターンを周囲の景観と調和させる。→p98～ ・護岸が露出する場合、周囲の景観と調和する護岸の素材の大きさとする。→p102～ ・天端部を目立たせない。→p123～ ・小口止めを目立たせない。→p127～ （水際及び背後地の自然環境が良好な場合、下記にも留意する。） ・植生基盤となりうる空隙を持たせる。→p109 ・湿潤状態ののり面を確保するために透水性・保水性を持たせる。→p110 ・生物の移動経路を確保する。→p111～ 	<ul style="list-style-type: none"> ・水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→p132～ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→p59～ ・小口止めや天端部が目立たないように工夫する。→p123～ ・水抜きパイプを設置する場合、極力目立たないように工夫する。→p129

表 4.2 護岸工法（法覆工）の種類と特徴

護岸の法勾配が1：1.5より急な場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

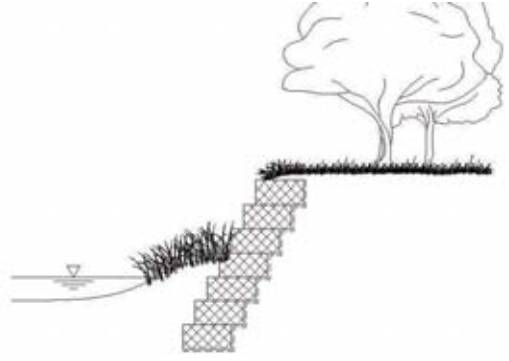
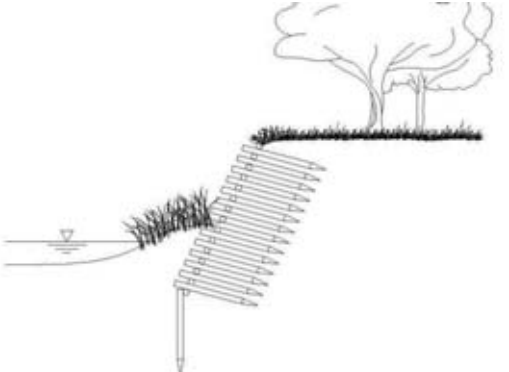
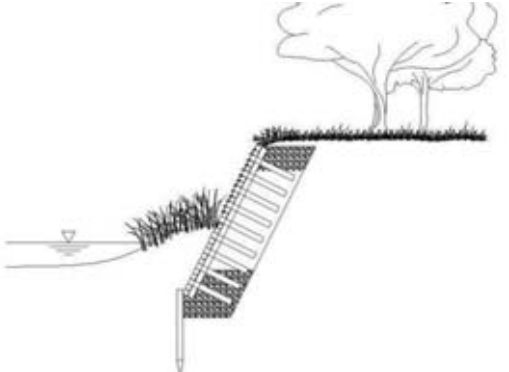
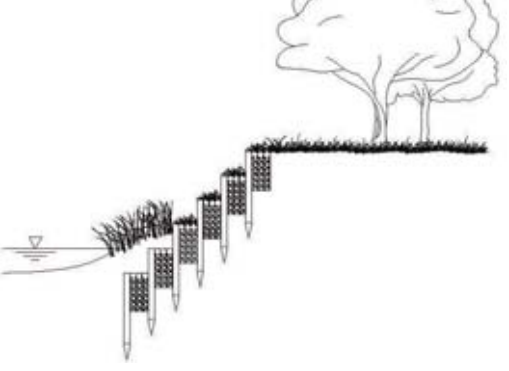
復旧工法例		工法の概要図	工法の特徴
かゝり系	かご（多段積）		<ul style="list-style-type: none"> ・鉄線で編んだ籠をのり面に設置し、籠の中に石を詰め、その上から蓋籠を被せた構造である。 ・自重により急勾配ののり面を保持する工法である。・空隙を持たせることができる。 ・透水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。 ・輪荷重がかかる箇所や有堤部での適用は控える。
	丸太格子		<ul style="list-style-type: none"> ・丸太をのり面に打ち込み、格子状に組み上げた構造である。 ・丸太と土塊を一体化して河岸浸食の防止を図る工法である。 ・木材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。・空隙を持たせることができる。 ・透水性・保水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。 ・輪荷重がかかる箇所での適用は控える。 ・木材の腐朽対策を行う必要がある。
	木製ブロック		<ul style="list-style-type: none"> ・ブロック化した丸太格子を積み重ねて中詰め材を充填した構造である。 ・丸太と土塊を一体化して河岸浸食の防止を図る工法である。 ・木材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。 ・空隙を持たせることができる。 ・透水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。 ・輪荷重がかかる箇所での適用は控える。 ・木材の腐朽対策を行う必要がある。
木系	杭柵		<ul style="list-style-type: none"> ・木杭をのり面に打ち込んで柵をつくり、詰石した構造である。 ・木杭と詰石を組合わせて河岸を保護する工法である。 ・木材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。・空隙を持たせることができる。 ・透水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。 ・輪荷重がかかる箇所での適用は控える。 ・木材の腐朽対策を行う必要がある。

表 4.2 護岸工法（法覆工）についての設計施工上の留意事項

護岸の法勾配が1：1.5より急な場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

留意項目							留意事項	
景観				自然環境			設計段階	施工段階
天端	法面	水際	他	空隙	湿潤	移動		
	●	●	●	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→p84～ ・河畔林の保全・配置を検討する。→p62 ・壁高が高い場合、護岸を分節する。→p83 （水際及び背後地の自然環境が良好な場合、下記にも留意する。） <ul style="list-style-type: none"> ・植生基盤となりうる空隙を持たせる。→p109 ・湿潤状態ののり面を確保するために透水性 ・保水性を持たせる。→p110 ・生物の移動経路を確保する。→p111～ ・現地の残土や土砂等を利用して植生の回復を図る場合、水極め等による空隙の充填を行い、土砂の流出を防ぐため吸出し防止材等を設置する。→p113 	<ul style="list-style-type: none"> ・中詰めに使用する石材や水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現地の材料をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→p132～ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→p59～
			●	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→p84～ ・河畔林の保全 ・配置を検討する。→p62 （水際及び背後地の自然環境が良好な場合、下記にも留意する。） <ul style="list-style-type: none"> ・植生基盤となりうる空隙を持たせる。→p109 ・湿潤状態ののり面を確保するために透水性・保水性を持たせる。→p110 ・生物の移動経路を確保する。→p111～ ・現地の残土や土砂等を利用して植生の回復を図る場合、水極め等による空隙の充填を行い、土砂の流出を防ぐため吸出し防止材等を設置する。→p113 	<ul style="list-style-type: none"> ・水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現地の材料をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→p132～ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→p59～ ・地元の間伐材を積極的に使用する。

表 4.2 護岸工法（法覆工）の種類と特徴

護岸の法勾配が1：1.5より緩やかな場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

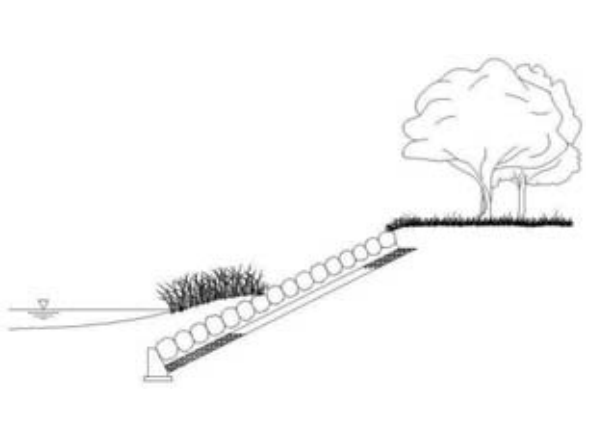
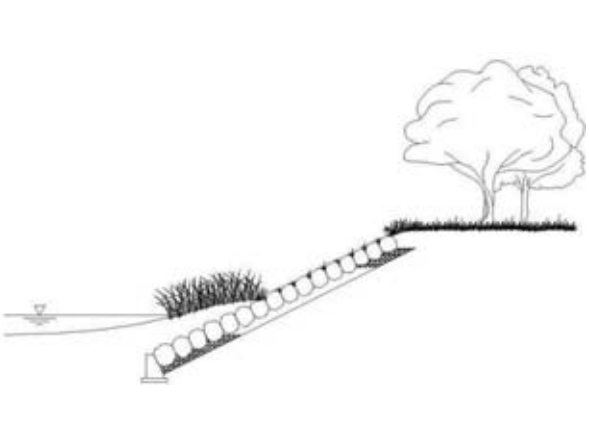
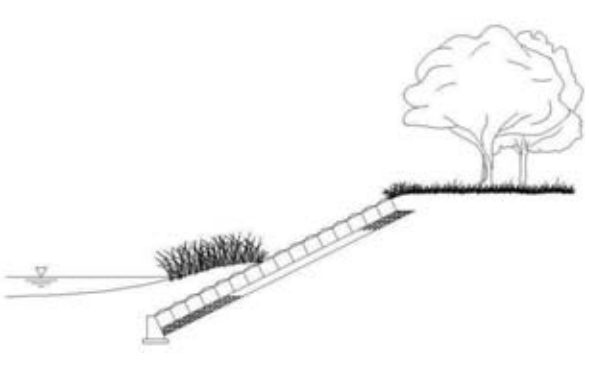
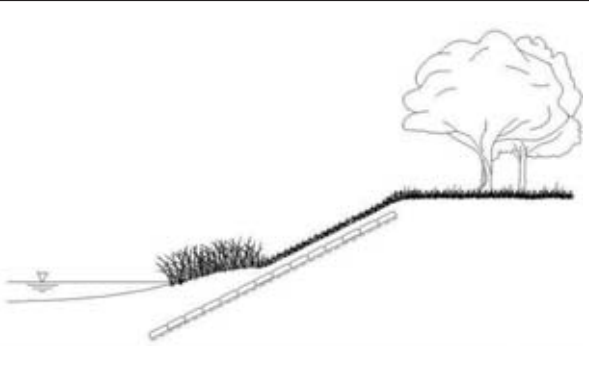
復旧工法例		工法の概要図	工法の特徴
石系	自然石（練張）		<ul style="list-style-type: none"> 野面石、間知石、雑割石、割石などをのり面に張り、石のかみ合せによりせん断抵抗を増し、さらに胴込コンクリート等により石材相互の一体化を図った構造である。 流体力による掃流力に対して自重で抵抗し、緩勾配ののり面を侵食から保護する工法である。 現地石材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。 深目地構造にすることで、空隙を持たせることができる。 石材を選べば、生物の移動経路に適したのり面の粗度も持たせることができる。
	自然石（空張）		<ul style="list-style-type: none"> 野面石、間知石、雑割石、割石などをのり面に張り、石のかみ合せ等により石材間のせん断抵抗を増した構造である。 流体力による掃流力に対して自重で抵抗し、緩勾配ののり面を侵食から保護する工法である。 現地石材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。 適度な空隙を持たせることができる。 適切な中込め材を用いれば、透水性を持たせることができる。 石材を選べば、生物の移動経路に適したのり面の粗度も持たせることができる。
コンクリート系	コンクリートブロック張		<ul style="list-style-type: none"> コンクリートブロックをのり面に張り、連結金具や胴込コンクリート等によりブロック相互の一体化を図った構造である。 流体力による滑動やめくれに対して自重で抵抗し、緩勾配ののり面を侵食から保護する工法である。 多種多様なものがあるので、景観性能や自然環境性能をきちんと評価する必要がある。 構造によっては景観や自然環境に配慮できる。
	連節ブロック		<ul style="list-style-type: none"> コンクリートブロックをのり面に張り、連結線等によりブロック相互の一体化を図った構造である。 流体力による滑動やめくれに対して自重で抵抗し、緩勾配ののり面を侵食から保護する工法である。 多種多様なものがあるので、景観性能や自然環境性能をきちんと評価する必要がある。 構造によっては景観や自然環境に配慮できる。 透水性を持たせることができる。

表 4.2 護岸工法（法覆工）についての設計施工上の留意事項

護岸の法勾配が1：1.5より緩やかな場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

留意項目							留意事項	
景観				自然環境			設計段階	施工段階
天端	法面	水際	他	空隙	湿潤	移動		
●	●	●	●	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→ p84 ~ ・河畔林の保全 ・配置に努める。→ p62 ・法長が長い場合、護岸を分節する。→ p83 ・現況が良好な状況の河川では、現況と同程度の粗度係数に設定する。→ p47 ~ ・適切な大きさ、種類の石材を選定し、石材に合わせた適切な張り方を用いる。→ p102 ~ ・天端部は美しく仕上げる。→ p123 ~ ・小口止めを目立たせない。→ p127 ~ （水際及び背後地の自然環境が良好な場合、下記にも留意する。） ・植生基盤となりうる空隙を持たせる。→ p109 ・湿潤状態ののり面を確保するために透水性 ・保水性を持たせる。→ p110 ・生物の移動経路を確保する。→ p111 ~ 	<ul style="list-style-type: none"> ・水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→ p132 ~ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→ p59 ~ ・使用する石材は現地の材料をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→ p104 ~ ・石材に合わせた適切な張り方により施工する。→ p104 ~ ・望ましくない積み方による施工は避ける。 ・伸縮目地部や隅角部も美しく仕上げる。 ・小口止めや天端部を美しく仕上げる。→ p123 ~ ・水抜きパイプを設置する場合、極力目立たないように工夫する。→ p129
●	●	●	●	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→ 84 ~ ・河畔林の保全 ・配置に努める。→ p62 ・法長が長い場合、護岸を分節する。→ p83 ・現況が良好な状況の河川では、現況と同程度の粗度係数に設定する。→ p47 ~ ・護岸が露出する場合、護岸の明度は6以下を目安とする。→ p87 ~ ・護岸が露出する場合、護岸の彩度は0、もしくは周囲の景観と調和させる。→ p87 ~ ・護岸が露出する場合、護岸の素材に適度なテクスチャーを持たせる。→ p95 ~ ・護岸が露出する場合、景観パターンを周囲の景観と調和させる。→ p98 ~ ・護岸が露出する場合、周囲の景観と調和する護岸の素材の大きさとする。→ p102 ~ ・天端部を目立たせない。→ p123 ~ ・小口止めを目立たせない。→ p127 ~ （水際及び背後地の自然環境が良好な場合、下記にも留意する。） ・植生基盤となりうる空隙を持たせる。→ p109 ・湿潤状態ののり面を確保するために透水性 ・保水性を持たせる。→ p110 ・生物の移動経路を確保する。→ p111 ~ 	<ul style="list-style-type: none"> ・水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→ p132 ~ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→ p59 ~ ・小口止めや天端部が目立たないように工夫する。→ p123 ~ ・水抜きパイプを設置する場合、極力目立たないように工夫する。→ p129

表 4.2 護岸工法（法覆工）の種類と特徴

護岸の法勾配が1：1.5より緩やかな場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

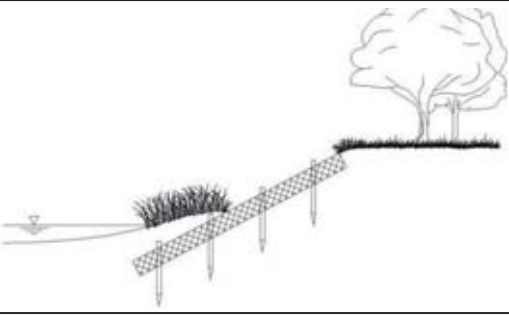
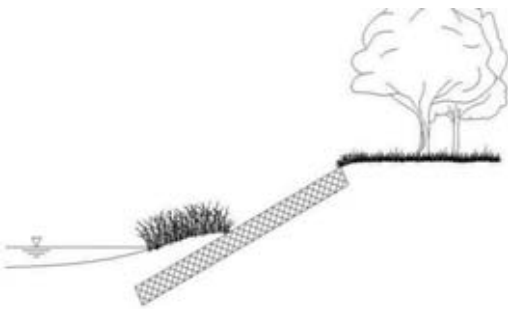
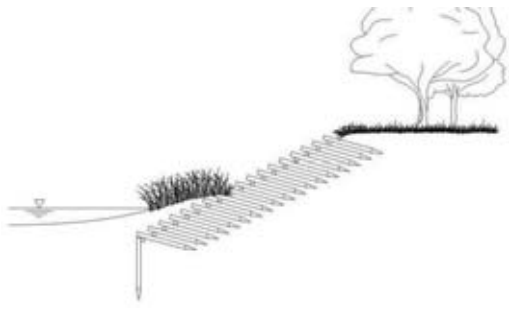
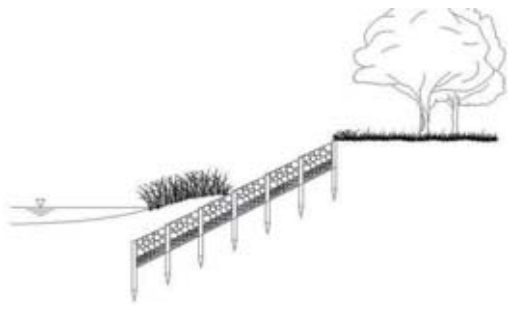
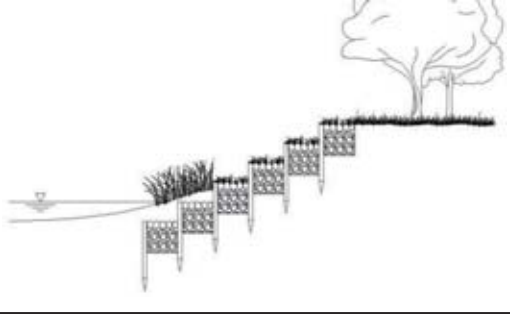
復旧工法例		工法の概要図	工法の特徴
かご系	蛇籠		<ul style="list-style-type: none"> ・鉄線で編んだ円筒形の籠の中に石を詰め、杭を打ち込んでのり面に固定した構造である。 ・掃流力に対して中詰め材（石材等）の自重で抵抗し、緩勾配ののり面を侵食から保護する工法である。 ・空隙を持たせることができる。 ・透水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。
	かご（平張）		<ul style="list-style-type: none"> ・鉄線で編んだ籠をのり面に設置し、籠の中に石を詰め、その上から蓋籠を被せた構造である。 ・掃流力に対して中詰め材（石材等）の自重で抵抗し、緩勾配ののり面を侵食から保護する工法である。 ・空隙を持たせることができる。 ・透水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。
木系	丸太格子		<ul style="list-style-type: none"> ・丸太をのり面に打ち込み、格子状に組み上げた構造である。 ・丸太と土塊を一体化して河岸侵食の防止を図る工法である。 ・木材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。 ・空隙を持たせることができる。 ・透水性・保水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。 ・木材の腐朽対策を行う必要がある。
	粗朶法枠		<ul style="list-style-type: none"> ・のり面に打ち込んだ杭に粗朶を絡めて法枠を形成し、栗石等を充填した構造である。 ・掃流力に対して中詰め材（石材等）の自重で抵抗し、緩勾配ののり面を侵食から保護する工法である。 ・木材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。 ・空隙を持たせることができる。 ・透水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。 ・木材の腐朽対策を行う必要がある。
	杭柵		<ul style="list-style-type: none"> ・木杭をのり面に打ち込んで柵をつくり、詰石した構造である。 ・木杭と詰石を組合わせて河岸を保護する工法である。 ・木材の使用により、周辺景観に馴染みやすくなる。 ・空隙を持たせることができる。 ・透水性を持たせることができる。 ・転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。 ・木材の腐朽対策を行う必要がある。

表 4.2 護岸工法（法覆工）についての設計施工上の留意事項

護岸の法勾配が1：1.5より緩やかな場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

留意項目						留意事項		
景観			自然環境			設計段階	施工段階	
天端	法面	水際	他	空隙	湿潤			移動
●	●	●		●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→ p84～ ・河畔林の保全・配置に努める。→ p62 ・法長が長い場合、護岸を分節する。→ p83（水際及び背後地の自然環境が良好な場合、下記にも留意する。） ・植生基盤となりうる空隙を持たせる。→ p109 ・湿潤状態ののり面を確保するために透水性 ・保水性を持たせる。→ p110 ・生物の移動経路を確保する。→ p111～ ・現地の残土や土砂等を利用して植生の回復を図る場合、水極め等による空隙の充填を行い、土砂の流出を防ぐため吸出し防止材等を設置する。→ p113 	<ul style="list-style-type: none"> ・中詰めに使用する石材や水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→ p132～ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→ p59～
		●		●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→ p84～ ・法長が長い場合、護岸を分節する。→ p83（水際及び背後地の自然環境が良好な場合、下記にも留意する。） ・植生基盤となりうる空隙を持たせる。→ p109 ・湿潤状態ののり面を確保するために透水性・保水性を持たせる。→ p110 ・生物の移動経路を確保する。→ p111～ ・現地の残土や土砂等を利用して植生の回復を図る場合、水極め等による空隙の充填を行い、土砂の流出を防ぐため吸出し防止材等を設置する。→ p113 	<ul style="list-style-type: none"> ・水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→ p132～ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→ p59～ ・地元の間伐材を積極的に使用する。

表 4.2 護岸工法（法覆工）の種類と特徴

護岸の法勾配が1：1.5より緩やかな場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）



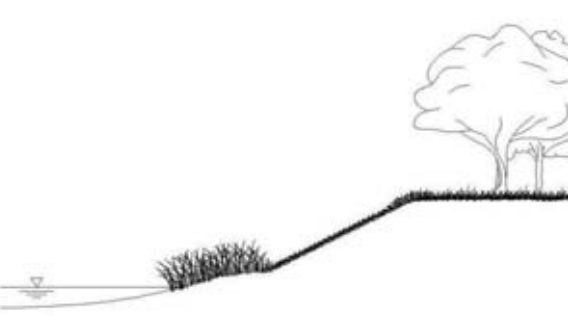
復旧工法例		工法の概要図	工法の特徴
シート系	ジオテキスタイル		<ul style="list-style-type: none"> ・ジオテキスタイルをのり面に敷き、覆土した構造である。 ・のり面の植物の根がジオテキスタイルを貫通し、地盤に活着することで補強効果を得る工法である。 ・植生回復により、景観や自然環境に配慮できる。 ・転石が少ない河川や水衝部以外の箇所に用いる。 ・アンカーピン等により端部のめくれ対策およびのり面のすべり対策を施す。
	ブロックマット		<ul style="list-style-type: none"> ・多数の小型ブロックを接着・固定化したシートをのり面に敷き、覆土した構造である。 ・流体力による滑動やめくれに対して自重で抵抗し、緩勾配ののり面を侵食から保護する工法である。 ・植生回復により、景観や自然環境に配慮できる。 ・転石が少ない河川や水衝部以外の箇所に用いる。 ・アンカーピン等により端部のめくれ対策およびのり面のすべり対策を施す。
植生系	張芝		<ul style="list-style-type: none"> ・のり面に芝を張り付けた構造である。 ・芝の根がのり面に活着することでのり面の耐侵食性を早期に確保する工法である。 ・芝の生育により、景観や自然環境に配慮できる。 ・張芝は平水位では浸水しない箇所で、確実に根が活着するまで流水にさらされない部分に施工する。 ・植生の管理レベルで差が生じるため、根が活着するまで十分な養生が必要である。

表 4.2 護岸工法（法覆工）についての設計施工上の留意事項

護岸の法勾配が1：1.5より緩やかな場合に適用する工法例
 （他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。）

留意項目							留意事項	
景観				自然環境			設計段階	施工段階
天端	法面	水際	他	空隙	湿潤	移動		
	●	●					<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→ p84 ~ ・河畔林の保全・配置に努める。→ p62 ・法長が長い場合、護岸を分節する。→ p83 ※覆土が流出する可能性がある場合は、コンクリート系の留意事項を参照する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→ p132 ~ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→ p59 ~
		●					<ul style="list-style-type: none"> ・護岸のり肩、水際部に植生を持たせる。→ p85 ~ ・河畔林の保全・配置に努める。→ p59 ~ 	<ul style="list-style-type: none"> ・水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。※ただし、過度の採取は避ける。→ p132 ~ ・良好な淵、河畔林などが存在する場合、できる限り保全するように努める。→ p59 ~ ・地元の間伐材を積極的に使用する。

(3) 具体的留意事項の解説

工法毎の具体的な留意事項について解説する。対象工法を用いる場合には、該当する留意事項を念頭に置き、法覆工の設計を行う。

1) 護岸を分節して法面を小さく見せる

【対象工法】コンクリート系、石系、かご系、シート系

法長が長い場合や壁高が高い場合の存在感を緩和するために護岸を分節する。

《解説》

- 一般的な設計では、護岸を1枚の法面として設計する 경우가多く、背後地盤が高いところや橋とのすり付け区間などでは護岸高が高くなり、その分存在感が大きくなる。この場合には、護岸を分節し、面積を小分けにすると。護岸法面の存在感を緩和することができる。



写真 4.21 護岸に小段をつけ、護岸の圧迫感を緩和した例（和泉川：神奈川県）

2) 水際部に植物の繁茂を促す

【対象工法】コンクリート系、石系、かご系、木系、シート系、植生系

護岸前面には、自然的な河岸・水際部の形成、植物の繁茂を促すことにより、法覆工の露出面積を極力小さくしつつ、かつ、水際のラインを不明瞭にする。

《解説》

- ・ 自然的な要素から構成される河川空間の中に、護岸のような人工的な構造物があると、人工構造物が景観の中で浮き上がり、景観悪化の要因となる場合が多い。
- ・ 護岸法面の露出面積が大きい場合、水際線が直線的になる場合には、この傾向が強くなる。
- ・ このため、護岸の露出面が大きくなる場合、護岸の設置により水際のラインが直線的になる場合には、河岸・水際部に寄土・寄石を行って、ここに植物の繁茂を促し、露出する面積を極力小さくするとともに、水際線を不明瞭にするとよい。また、水際部の植生回復は、河川景観だけでなく、魚類をはじめとした水生生物の生息・生育・繁殖環境の確保という観点でも重要である。
- ・ この際、蛇籠やふとん籠等の人工構造物を設置すると水際部が固定されて、自然的な水際部の形成が困難になる。洪水時には水際部が変形することのある程度許容し、川の特성에 応じた河岸・水際部の再生を期待することが大切である。
- ・ このためには、できるだけ現場の河床・河岸材料を用いて自然な河岸・水際部を形成することが原則となるが、どのような材料を用いるかは流程によって異なるので留意する。詳細は「4.8 覆土・寄せ石」（130p）を参照のこと。



図 4.22 水際部を再生した例

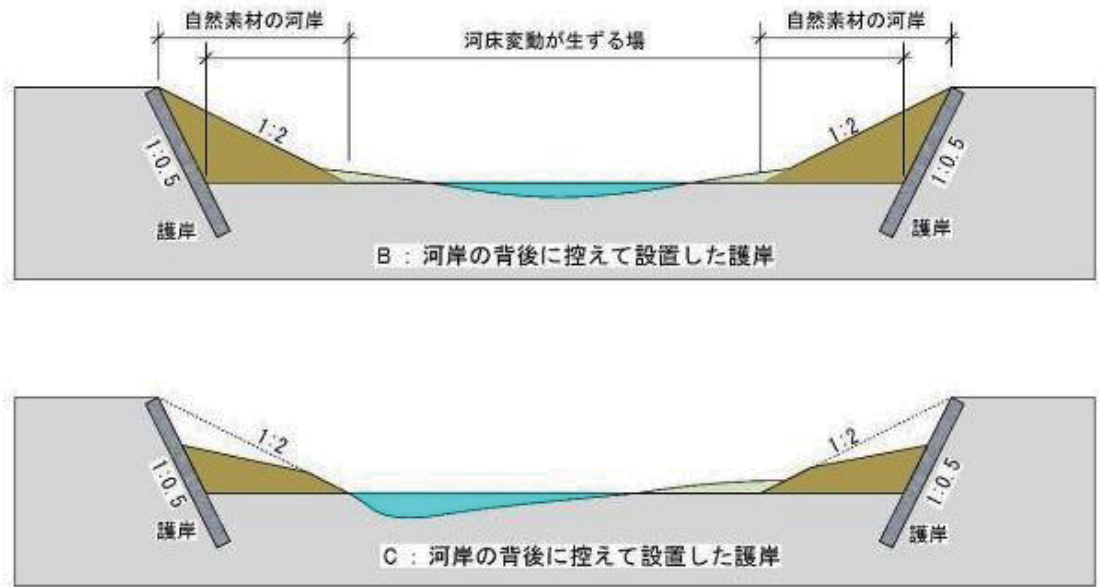


図 4.16 河岸・水際部を法肩まで行った例（上）と法面途中まで行った例（下）
護岸を控えてその全面に2割に近い法面を形成した例

河岸・水際部と護岸を分けて考え、形成した河岸・水際部には環境機能を、護岸には流水に対する安全性、土圧に対する安定性を求める。

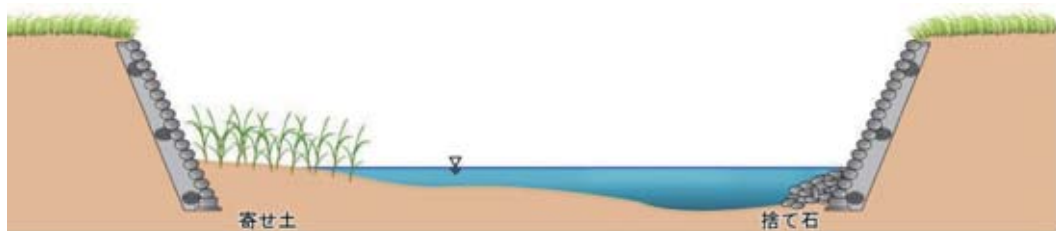


図 4.17 寄せ土、寄せ石の概念図

水際部を形成しただけでも、環境上の機能は向上する。水際部は固めずに流水によって変形することを前提にすることが大切である。



写真 4.23 現地の発生材で寄せ石をして自然な水際を形成している事例
(元町川：岩手県)

注：河岸・水際部を説明したもので、護岸の明度を推奨したものではない。

大小の礫が入り交じった状態で寄せ石をしているので、水際部に自然的な凹凸、入り組みが形成されている。その結果、川の流れ（水深、流速）にも変化が見られる。

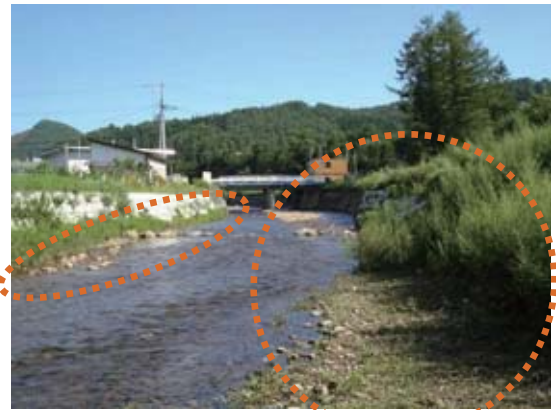


写真 4.24 寄せ土（矢神川：岩手県）

注：河岸・水際部を説明したもので、護岸の明度を推奨したものではない。

左：2009.7 右：2010.8（右写真：岩手県提供）

施工後約1年の写真（右）では、寄せ土に草本類が見られる。

植物により土砂が捕捉されるため、寄せ土は安定している。

3) 法面の明度

【対象工法】コンクリート系

護岸が露出する場合には、法面の明度は6以下を目安とする。

《解説》

- ・ 滑面のコンクリートブロックの明度は9～10と高い。一方、護岸の背景となる森林の色、草木の色は比較的明度が低く最大で6程度である。一般に、対象物と周辺景観とに明度差が生じると対象物は非常に目立つ存在となる
- ・ 古くから護岸材として用いられてきた自然石の明度は比較的低い。土木研究所の研究によると、自然石の明度は3～6の範囲にある（技術情報参照）。
- ・ 護岸材としての自然石の明度は、3～6の範囲にあることから、コンクリートブロックについても、明度は6以下を目安とするとよい。

4) 法面の彩度

【対象工法】コンクリート系

護岸が露出する場合には、彩度を抑制し、周囲の景観と調和させる。

《解説》

- ・ コンクリート系の場合には、通常のブロックは無彩色であるため、ほとんどの場合は、彩度が問題となることはない。ただし、護岸法面に絵を描くなどを行うと彩度が増加するので注意する。
- ・ 石系の場合には、古くからその地域で使われている石に色合いがある。彩度だけの問題ではないが、石系の護岸とする場合には、当該地域固有の石が使われてきたか留意する必要がある。

■ 明度が高いコンクリート

ブロック

- ・色は白に近い
- ・明度は10に近い
- ・陰影が少ない
- ・表面はつるつるしている（自然な陰影ではない）



写真 4.25 周辺との明度差が大きい護岸

■ 自然石護岸（間知石）

- ・色は茶色に近く、色もばらついている（地域で古くから使用されてきた石材：地域の色）
- ・明度は5程度（推定）
- ・表面が凸凹している（石の形が一つ一つ異なるため、表情が豊かで立体感がある）



写真 4.26 周辺空間に溶け込んだ自然石護岸
（和泉川：神奈川県）

■技術情報—色に関する基礎知識

わが国で最も一般的に使われている色の表示方法は、JIS Z 8721 の三属性（色相、明度、彩度）による色の表示である。これは世界にいくつかある表色系の中から選ばれたマンセル表色系が基本となっている。マンセルとはアメリカの画家の名前で、マンセルが自分の感覚に基づき、色を等間隔に並べた色票を作成したものが表色系の基となった。その後、その色票を基に、科学的な知見を加え完成させたものが、現在わが国で用いられている JIS Z 8721 準拠の標準色票（たんに JIS 標準色票、またはマンセル色票と呼称される色票）である。

色相（Hue）は、R（赤）・Y（黄）・G（緑）・B（青）・P（紫）といった色合いを指し、下図に示す連続した色相環（基本 10 色相）を形成し、各色相はさらに 10 分割されている。明度（Value）は明るさを表わし、理想的に完全な黒が明度 0、理想的に完全な白が明度 10 に相当する。

彩度（Chroma）は鮮やかさを示し、色みが強くなるに従って彩度は上がるが、色相により最大の彩度は異なり（例えば、青；8、赤；14）。黒、白、灰などのように色みを持たない色（彩度；0）を無彩色といい、これに対して色みを持った色を有彩色となる。



図 4.18 色相環（JIS Z 8721 準拠 標準色票より抜粋）

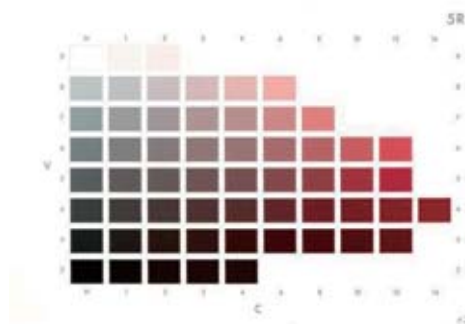


写真 4.27 色相別カラーチャート 5R の例（JIS Z 8721 準拠 標準色票より抜粋）
色相別カラーチャートは、上が高明度、右が高彩度であることを示している。

河川の中に見られる石礫、植物、土等の要素の色を測定すると、花、草木、紅葉などを除き、明度 5、彩度 5 以下程度であるものが多く、自然素材は低明度・低彩度であることが理解できる。

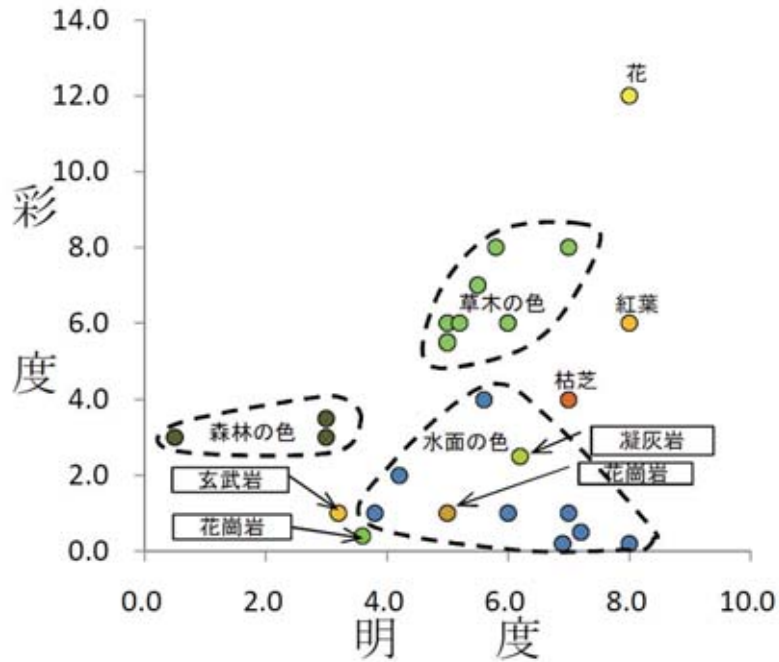


図 4.19 自然素材の明度と彩度

また、一般にある対象物の明度が対象物周辺の明度を 2 以上上回ると対象物が周辺景観から浮き上がり、目立つ存在になると言われている。



写真 4.28 明度の高い低水護岸の例

■技術情報－明度、テクスチャー、パターンを評価する範囲

コンクリート系の護岸が露出する場合には、明度・テクスチャー・パターン、それぞれの要素について検討を行う必要があることを具体的留意事項として示した。これらの要素の評価に当たっては、評価する範囲を定義する必要がある。ここでは、各要素の評価対象とすべき広がり方を以下のように整理した。

明度については、素材そのものの明度に加えて、目地による陰影が影響して法面の明度に変化する。このため、幾つかの素材の組み合わせによって形成されるパターンを一つ以上含む範囲を対象とする。

テクスチャーについてはブロックの素材そのものを問題としているため、1つの素材を評価の対象とする。

パターンは、護岸素材の形、サイズ、積み方、目地などの組み合わせによって表れるものであることから、評価に当たっては、パターンの繰り返しが含まれ、法面全体の景観が評価できる範囲を評価の対象とする。

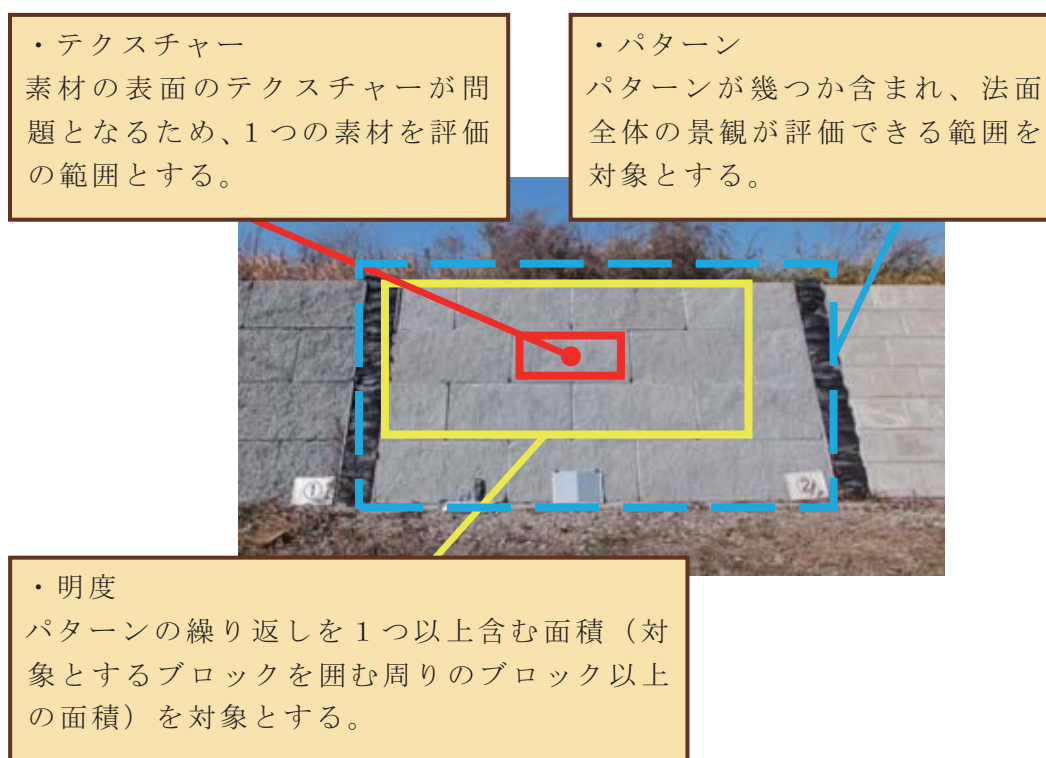


図 4.20 明度・テクスチャー・パターンの景観評価に必要な範囲

■技術情報－明度の測定方法

ポイントブックⅢ（以下、PBⅢ）では、護岸ブロックの明度は6以下が望ましいと記載されている。しかし、PBⅢには明度測定のための具体的な方法が示されていないため、測定条件の違いによって結果にばらつきが生じることが懸念される。ここでは、護岸の明度測定方法の考え方と明度測定条件・解析の方法について具体例を示す。

1) 護岸ブロックの明度に影響を与えている要因

最初に、護岸ブロックの明度に影響を与えている要因を「ブロック要因」「その他の要因」に分類した。「ブロック要因」は素材の色、製造工程、ブロックの形状等の要素から構成されており、ブロックの外観を左右する要素である。素材の色とは、碎石、砂、セメント、混和剤、水などのブロックの原材料によるものである。製造工程とはブロックの蒸気養生時の温度や時間、ブロックの型枠に散布する剥離剤の量など、製造を行う工場毎の工程を差す。ブロック形状などとはブロックのテクスチャー（質感、肌理）や目地、形そのものを指す。

「その他の要因」は光源、照度、入射角の照明に関する要素と、エイジング（経年変化）、湿潤状態の外部環境に影響を受ける要素を差す。

これらの要因の内、「その他の要因」を揃えることで、「ブロック要因」のみの影響を受けたブロックの明度を測定することができる。護岸ブロックの明度は「ブロック要因」である、目地による陰影の影響を受けるが、ブロック一つでは目地の影響を考慮した法面の明度を測定する事が出来ない。したがって、護岸ブロックの明度を判定するために必要な面積は明度を測定する対象のブロックとそれを取り囲む周りのブロックの面積とする。

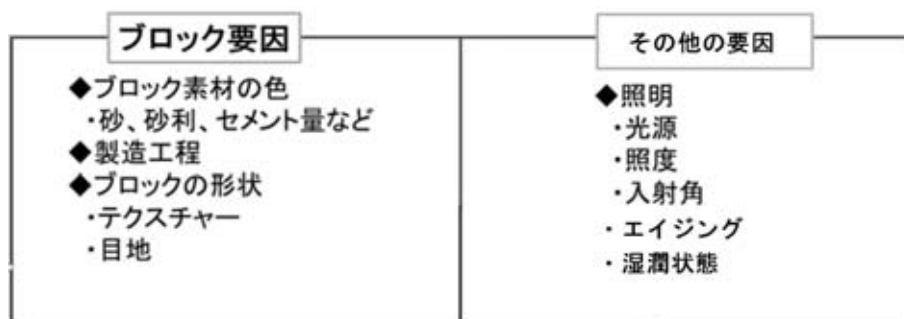


図 4.21 護岸ブロックの明度の決定要因

2)護岸ブロックの明度測定方法・分析方法

①明度の測定方法・分析方法

ここで示す明度計測方法例は護岸ブロックをデジタルカメラで撮影を行い、その写真データについて解析アプリケーションソフトを用いて明度の分析する方法である。

使用する解析アプリケーションソフトは、外壁材メーカーや自治体の景観調査に導入されている「面積・色彩計測システム～景観版～」を使用する。このアプリケーションソフトの利用に当たっては、事前に明度 1.0～9.0 までの色見本が配列されているカラーチャートをデジタルカメラで撮影を行う。次にそのカラーチャート内の各明度の画像データに明度測定を行う護岸ブロックの撮影を行ったブロックの画像データをマッチングさせて護岸ブロックの明度を決定する。

カラーチャートの画像データと撮影を行った護岸ブロックの画像データをマッチングするためには、カラーチャートを撮影したデジタルカメラと同じ型のデジタルカメラで護岸ブロックを撮影する必要がある。なお、異なるデジタルカメラを使うと、明度測定値が変わるため、必ず同じ型のデジタルカメラを使用する。

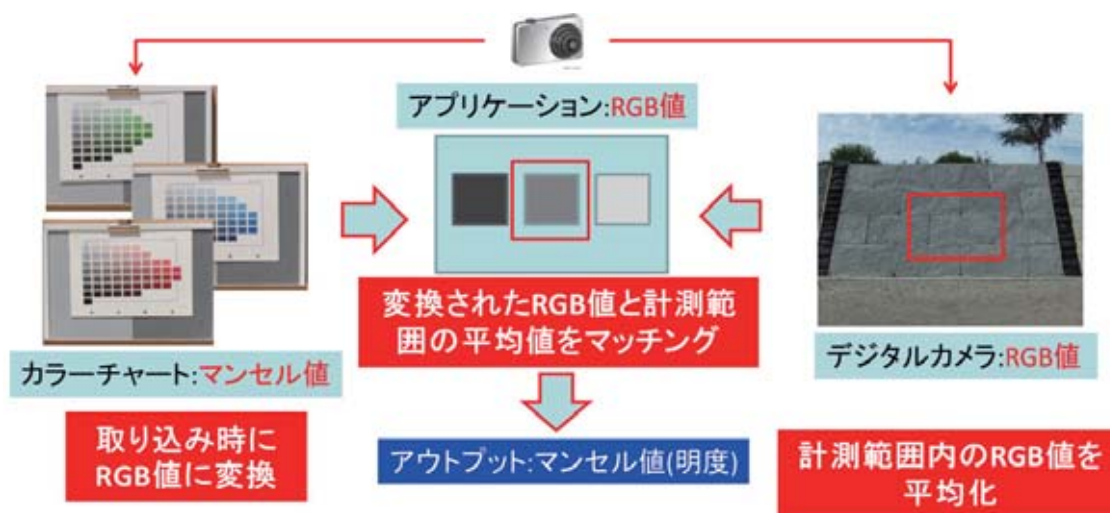


図 4.22 明度決定までの流れ

②撮影手順

実際に護岸ブロックを撮影する場合、光源の位置、照度、撮影時間帯によって明度値にばらつきを生じるため、一定の条件で撮影を行うものとする。以下に、具体的な条件とその写真撮影例を示す。

- ・撮影範囲は対象とするブロックを囲む周りのブロック以上の面積とする。
- ・光源と撮影位置との角度を 45° とする。
- ・照度 40000 (lx) 以上とする。
- ・撮影時間帯は 10:00～15:00 とする。
- ・補正板は護岸に当たる光量、角度によって変化する明度を補正するものである。

明度測定を行うブロックとそれを取り囲む周りのブロックの直下、もしくは直上に設置し、ブロック勾配に合わせる。撮影対象とする範囲と補正板の位置は、護岸法面のなるべく中央とする。



写真 4.29 写真撮影例と拡大写真
緑枠：対象ブロック、黄色枠：必要ブロック面積

5) テクスチャーを持たせる

【対象工法】コンクリート系

護岸が露出する場合、護岸の素材に適度なテクスチャーを持たせる。

《解説》

- ・テクスチャーとは、材料が持つ肌理を表す。材料表面に凹凸があり、肌理が粗い面は、全体が不均質となり、凹凸の凹部が影になるため明度も低下する。一方、肌理に乏しい平滑な面は全体が均質であり、のっぺりとした感じとなり、明度も上昇する。
- ・一般に、植物や礫や土、水面などから構成される自然景観はテクスチャーが豊かである。この中に、テクスチャーに乏しい平滑なコンクリート法面があると、法面が浮き上がり、景観を悪化させる。
- ・これに対して、昔から護岸材として使用されてきた自然石は、表面の肌理が粗く（ざらざらしている）、陰影もあるため明度も低下し、周辺景観から浮き上がることが少ない。
- ・コンクリート護岸ブロックの選定に当たっては、素材表面の肌理が適度に粗く、凹凸（陰影）があるものを選定する。



写真 4.30 平滑なブロックと自然石のテクスチャー

- ・表面がつるつるしている。
- ・元々明度が高いがテクスチャーがないため、明度が低下しない。
- ・自然石がもつ質感があり表面にざらざら感、凹凸がある。



写真 4.31 コンクリート及び自然石を加工したテクスチャーの例

- ・コンクリートに特殊型枠を用いた例。
- ・石の細かい凹凸まで表現されている。
- ・自然石の表面を加工した例。
- ・自然石の質感に加え、ノミ切り仕上げによる陰影で表情が豊かになっている。

■ 技術情報－テクスチャー

1) 概要

護岸のテクスチャーとは材料が持つ視覚的・触覚的な感じのことをいう。材料の表面の色や明るさの均質さ、触覚的な強弱を感じる凹凸など、材料を全体的にとらえた特徴、材質感覚、効果を表す。通常のコングリート護岸は、表面がつるつるして肌理(きめ)が細かいため、色や明るさが均質で、立体感に乏しい。護岸全体が無機質で、のっぺりとした1枚の板のような印象を与える。

護岸ブロックを選定するに当たっては、素材表面の肌理が適度に粗く、凹凸(陰影)があるものを選定すべきであるが、その評価方法は定性的な表現に留まっている。そこで、代表的なテクスチャーについて、選好性を調査し、具体的な評価方法の提案を試みた結果を以下に示す。

2) 方法

既存の護岸ブロックに主に用いられているテクスチャー8種について、景観実験護岸(法長2,000mm 高さ約1,800mm 横幅3,500mm 壁面勾配:0.5)を作成し、景観実験護岸に対して、被験者が持つ感覚的な印象と、表面起伏量の測定値との関係性について検証を行った。

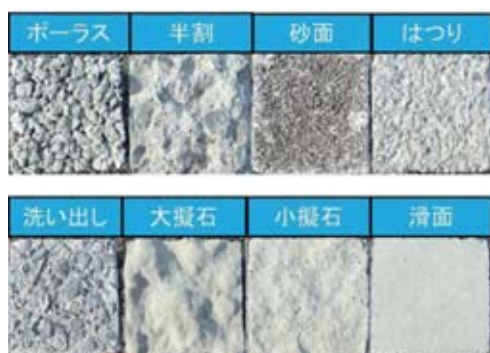


写真 4.32 護岸ブロックで主に用いられているテクスチャー8種の特徴



写真 4.33 景観実験護岸

3) 結果

被験者へのアンケートを実施し、設置されている各護岸が「周辺環境に調和している」(以下、調和する)、「周辺環境に調和していない」(以下、調和しない)のどちらかを被験者に選択してもらい、その理由を16種の形容詞対の中から、該当する全ての項目を選択してもらった。

その結果、「調和しない」と感じられる主な理由として、「人工的である」「明るい」の他に、「平らだから」が挙げられていたことから、テクスチャーの表面構造（起伏）が判断材料のひとつとなっていたと考えられる。

また、「調和しない」と選択した被験者の中で、理由として「平らだから」を挙げた人の割合と、テクスチャーの起伏の大きさ（起伏量の標準偏差）の関係性を解析したところ、起伏が少ない（標準偏差が小さい）ほど、被験者は「平らな」印象を受けていることが確認された。

したがって、滑面で構成されるブロックは、明度が高いだけでなく、起伏の小さな表面構造であることから、「調和しない」テクスチャーであると多くの被験者に判断されたものと考えられた。

表 4.3 アンケートに用いた形容詞対

1.凸凹だから	2.平らだから
3.人工的だから	4.自然そうだから
5.明るいから	6.暗いから
7.ざらざらしているから	8.つるつるしているから
9.粗いから	10.細かいから
11.ひとつのブロックが大きいから	12.ひとつのブロックが小さいから
13.立体的だから	14.平面的だから
15.目地が白く見えるから	16.目地が黒く見えるから
17.表情が豊かであるから	18.表情が乏しいから

□調和する ■調和しない

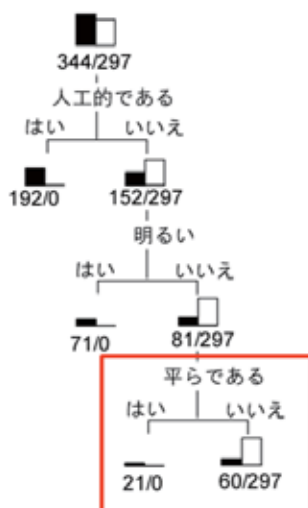


図 4.23 アンケートで周辺環境に調和しない（評価が低い）と回答した理由

◆ 滑面 ■ 小擬石 ▲ 大擬石
● はつり ◇ 砂面 △ 洗い出し
× 半割 ○ ポーラス
— 線形 (近似直線)

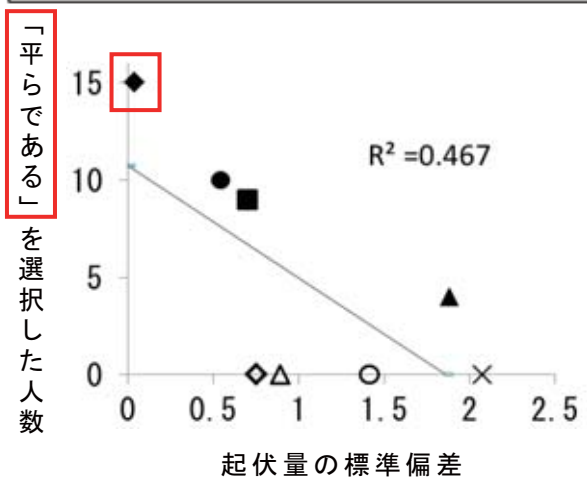


図 4.24 「平らな」を選択した被験者数と起伏量の標準偏差との関係

6) 表面の景観パターンに気を付ける

【対象工法】コンクリート系

護岸に使われるブロックの形やサイズ、積み方、目地などによる景観パターンが、周辺の景観やその場の特性と調和していること。

《解説》

- ・コンクリート系の護岸ブロックは形状、サイズ、積み方（張り方）、目地の深さや幅により表面に景観のパターンが形成される。
- ・既存の護岸ブロックを見ると谷積み、布積みなど伝統的な積み方に見られる景観パターンだけでなく、千鳥配置、階段状、穴が目立つなど近年見られるようになった景観パターンがある。
- ・景観パターンと景観評価の調査結果によると、忌避される傾向にある景観パターンが存在するので、護岸ブロックの選定に当たっては、この点に留意する。
- ・なお、植生ブロックのように植物が繁茂することにより景観パターンの露出が回避できる場合はこの限りではないが、植物の繁茂により護岸が十分被覆されることが重要である。



写真 4.34 谷積み（左）と布積み（右）のパターン



写真 4.35 近年見られるようになった典型的な護岸ブロックの景観パターンの例
千鳥配置のパターン（左）、階段状のパターン（中）、穴が目立つパターン（右）

■技術情報－護岸のパターンについて

1) 概要

護岸ブロックは形状、サイズ、積み方（張り方）、目地の深さや幅により、表面に景観のパターンが形成される。既存の護岸ブロックを見ると谷積、布積など伝統的な積み方に見られる景観パターンだけでなく、千鳥配置、階段状、穴が目立つなど近年見られるようになった景観パターンがある。これらの護岸ブロックの景観パターンは、景観悪化の主要因と考えられる。

しかし、現在の所、護岸ブロックの景観パターンの評価は感覚的な議論に留まっており、定量的に評価する事が困難である。そこで、既存の代表的な護岸ブロックの景観パターンの景観評価を行い、護岸ブロックの景観パターンの選好性について得られた知見を示す。

2) 方法

既存の護岸工法 110 種類程度の景観パターンを KJ 法によって以下の 10 グループに類型化した。「間知積み」(A-1)、「間知石積み風」(A-2)は主に小型の護岸ブロックの谷積みに見られるパターンである。「玉石積み風」(A'-3)、「野面石積み風」(B-1)、「縦横の目地と模様の両方が煩いグループ」(B-2)、「縦横の目地が目立ち、表面の模様があまり見えないグループ」(B-3)は主に※大型の積みブロックに見られるパターンである。「階段状で横の線が目立つグループ」(B-4)、「千鳥模様で飛び出して見えるグループ」(C-1)、「千鳥模様で穴が開いているように見えるグループ」(C-2)、「穴が目立つグループ」(C-3)は主に植生を目的としているものが多い。

次に、同一の風景写真に対して護岸部分にそれぞれの類型化した景観パターンの護岸ブロックを当てはめたフォトモンタージュを作成した。作成したフォトモンタージュに対して、10 項目の感性ワード（形容詞対）を設定し、評定尺度を 5 段階とした SD 尺度法による印象調査を実施し、景観悪化に影響をおよぼしている要因について分析した。



A-1 間知積み



A-2 間知石積み風



A'-3 玉石積み風



B-1 野面石積み風



B-2 縦横の目地と模様の両方が煩いグループ



B-3 縦横の目地が目立ち、表面の模様があまり見えないグループ



B-4 階段状で横の線が目立つグループ



C-1 千鳥模様で飛び出して見えるグループ



C-2 千鳥模様で穴が開いているように見えるグループ



C-3 穴が目立つグループ

写真 4.36 KJ法によって類型化された護岸ブロックのグループ

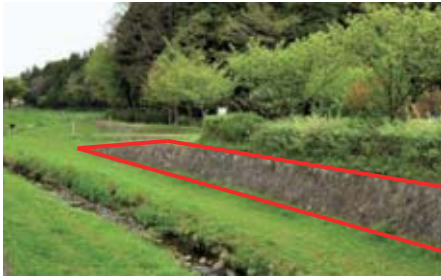


写真 4.37 赤枠の中に各景観パターンを当てはめ、フォトモンタージュを作成



図 4.25 評定尺度 5 段階で 10 種の形容詞対を用いたアンケート表

3) 結果

印象調査の結果、「千鳥模様で飛び出して見えるグループ」(C-1)、「千鳥模様で穴が開いているように見えるグループ」(C-2)、「穴が目立つグループ」(C-3)のグループでは、「馴染んでいない」、「親しみにくい」、「醜い」、「嫌い」といった感性ワードが多く選ばれた。

したがって、上記の検証方法において、護岸ブロックの景観パターンには選好性に差を生じ、千鳥模様で飛び出して見えるグループ(C-1)、千鳥模様で穴が開いているように見えるグループ(C-2)、穴が目立つグループ(C-3)のグループは選好性が低いと示唆された。今後は、以上に示した景観パターンに対する選好性の差に留意して護岸ブロックの選定を行う事が望まれる。

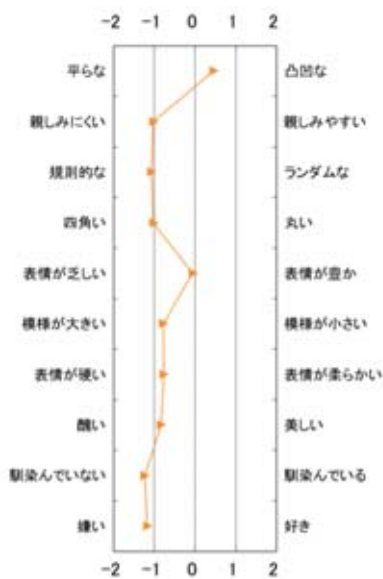


図 4.26 印象調査結果の例 (C3 の結果)

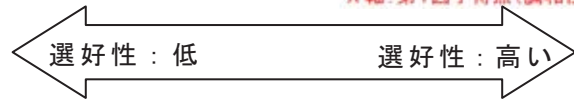
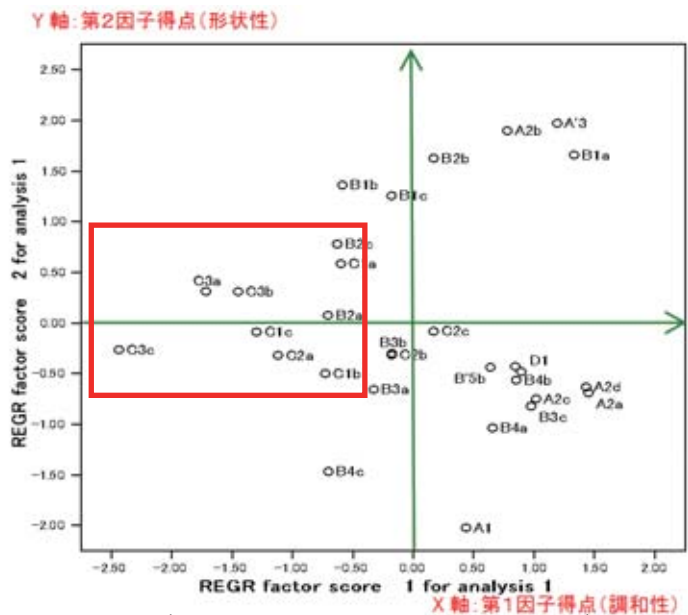


図 4.27 要因の分析結果

7) 素材の大きさに気を付ける

【対象工法】コンクリート系、石系

護岸が露出する場合、周囲の景観と調和する護岸の素材の大きさとする。

《解説》

- ・ 河川空間の広さ、人間の身体に対して、馴染まないほど大きすぎるものは好ましくなく、親しみが感じられない。一方、1単位の大きさが小さすぎると、素材の1個1個の識別が難しくなり、護岸全体がのっぺりとした1枚の板のような無表情な印象となる。
- ・ 石系の場合には、個々の石材の大きさが大きく成り過ぎると河川景観を悪化させることになるので留意する。



写真4.38 素材単位の見えが大き過ぎる例

施工場所付近の河道にはない大きさの石を大量に積み上げることは、川そのものの景観を崩すことにつながる。

また、造園等に利用する庭石を大量に利用することは川としての景観を乱す恐れがある。

- ・ コンクリートブロックについては、素材の大きさに加えて、景観パターン上に見られる見かけ上の素材の大きさも重要な視点となる。例えば、大型ブロック（200cm×100cm）の場合、素材が大きくなるため、この印象を和らげるためブロック内に模様を付ける場合がある。この場合、この模様によって形成される見かけ上の素材の大きさが、対象となる。

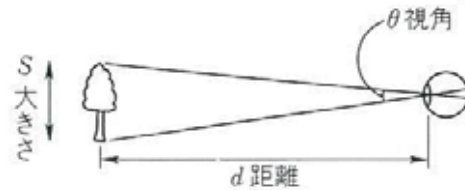


写真 4.39 ブロック内に模様を付けた大型ブロック

■技術情報－素材の大きさ見え方の関係

物の見かけの大きさ（見えの大きさ）は、対象となる物自体の大きさだけでなく、視点と対象との距離、上下関係（傾き）、光のあたり具合などによっても変化する。見えの大きさは一般に視角 θ で表すことが多い。視角 θ は、対象物の物理的な大きさ S 、対象までの距離 d を用いて、以下のように表される。

$$\theta = 2 \tan^{-1} (S / 2 d) \quad (\text{度})$$



出典：川の風景を考える

一般に、視角が 2 度以上になると、素材の見かけの大きさが大きすぎると感じ、 0.15° になると素材そのものを認識できなくなる。したがって、例えば、対岸から見た場合に、目地で区切られた素材が視角 2 度以上の大きさになると、大き過ぎると感じ、逆に、視角 0.15 度以下になると個々の素材が認識できなくなり、護岸の法面がのっぺりとした 1 枚の帯となり、法面の存在感が増す。

中小河川では、対象までの距離が比較的近いいため、素材が大き過ぎることが問題となるケースが多いと考えられる。参考のために視角 2 度の場合での、大き過ぎると感じる素材の大きさと距離との関係を示した。なお、視覚の大きさは、一円玉、拳、掌を使うと現場においても簡易に把握することができる。



写真4.40 左 素材1個1個が識別できない例
右 素材1個1個が識別できる例

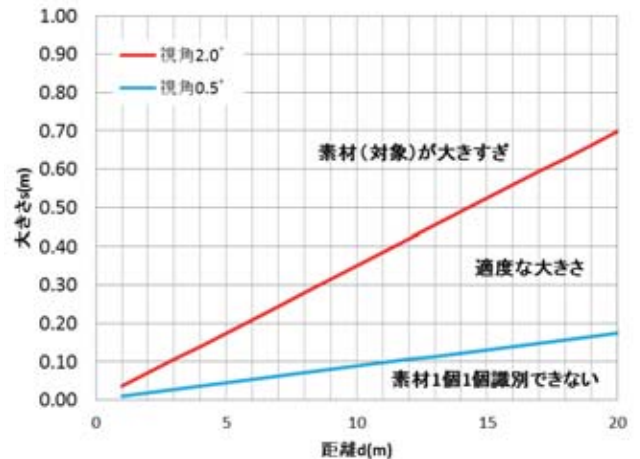


図4.28 距離 d と視角の大きさ θ の関係



写真4.41 視角の大きさの目安

上図に基づけば、対象までの距離が 10m の場合、35cm 以上の大きさのものは大き過ぎると感じられると判断される。

■ 技術情報－石系を用いる際の留意点について

ここでは、石系の護岸を用いる場合の設計・施工上の技術情報として、①石材の噛み合わせ、②石材の地域性、③積み方の地域性、④吸水率と見えの違いと地域性、⑤間知石の地域性について示す。

① 石材の噛み合わせについて

- ・ 石積み・石張りは、空積として発達した技術であるため、石と石のかみ合わせ（組み合わせ）が重要である。石のかみ合わせ方に不備があると構造的に安定しないととも、見栄えも悪くなる。
- ・ 最近では練積の石積み構造物や石張り構造物が多く、裏込めコンクリートあるいはアンカーボルト等によって固定してしまうことから、石と石のかみ合わせを重視していない石積み構造物も散見される。しかし、本来、石積み構造物は、石のかみ合わせを中心として安定した構造体を造り出しているものであり、石積み構造物の強度に配慮すれば、裏込めコンクリート等の有無に関わらず、石のかみ合わせを重視した石積み構造物とすることが原則である。



- ・ 目地巾が2～3 cmもあり、石同士のかみ合わせが不十分と思われる護岸（間知石・谷積）・石組みによる“せり持ち作用”がほとんど期待できずに構造的に弱い
- ・ 景観的にも目地部が目立ち美しい印象を与えない

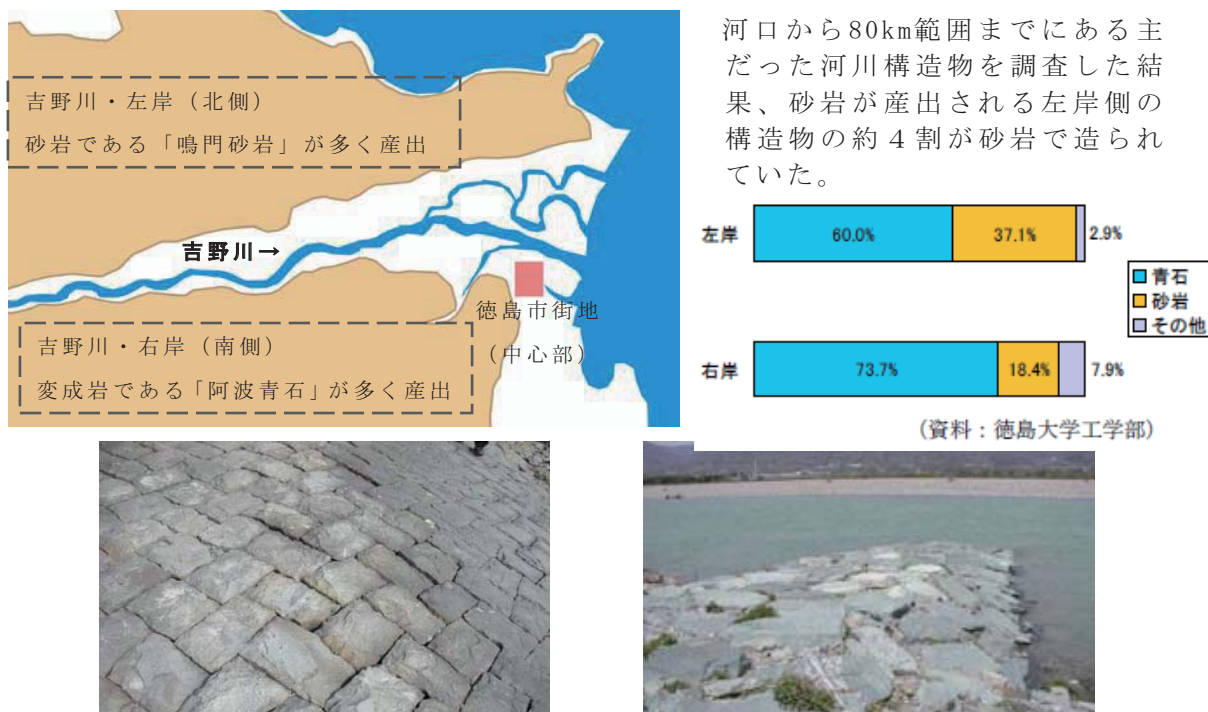
※せり持ち作用

斜めになった相互の石材同士がお互いに押し合うような力を発生させ崩れにくくさせる作用

写真 4.42 石のかみ合わせが無い石積

② 石材の地域性

- ・ 石積み構造物の素材である石材は、産出する場所によって様々な特性を持っており、現在のように石材の移動や加工が容易でなかった時代（江戸～昭和初期頃）には、近隣で産出される石材の特性、あるいは舟運で運搬できる範囲から産出される石材の特性が、石積みを実施した場所の地域性をあらわすものになっていた。
- ・ 鉄道やトラックなどの輸送手段が発達した現代であっても、地域の景観に馴染んだ石積み構造物とするためには、地場石材の活用を考えていくことが重要である。
- ・ 例えば、吉野川流域では、右岸と左岸で石積み構造物に利用されている石材に違いがある。具体的には、左岸には砂岩を用いた河川構造物が右岸よりも高い割合で存在している。これは、地質上の違いによるもので、右岸は古生層が変成作用を受けた変成石である「阿波青石」が多く、一方、左岸は厚い砂岩層・泥岩層から産出される砂岩である「鳴門砂岩」が多いことによる。このように、同じ河川であっても、石積み構造物には石材産地の違いによる地域性があらわれる。



砂岩で造られた低水護岸（徳島市：左岸側） 青石で造られた水制（美馬市：右岸側）

図 4.29 石材の地域性・吉野川を例として

③ 積み方の地域性

- ・ 輸送手段が発達した現代では全国・世界各地から同じ種類の石材を集めてくるのが可能である。しかし、同じ種類の石材であっても産出される場所によって大きく特性が異なる場合がある。
- ・ また、例えば同じ安山岩であっても、秋田県の男鹿石のように岩脈から割り出している石材と、宮城県の伊達冠石等のように山から掘り出す野面石では、その石の積み方が異なる場合がある。
- ・ つまり、同じ種類の石材であっても、その石材の堅さや石材の採取方法の違いにより、石材をそのまま利用するのか、割って利用するのかの違いが生じ、さらに、この違いにより石の積み方（乱積か谷積か等）が異なる場合がある。
- ・ このように、同じ種類（花崗岩、安山岩、砂岩など）の石材であっても、安易に他地域で産出される石材を利用すると、石の特性や形が異なり、新たに加工する手間（野面石を割る等）が発生したり、石の積み方を変える必要が生じたり、あるいは地域に根づいている石積み構造物とは異なるものになってしまう恐れがある。

【男鹿石・安山岩 秋田県】



採石場では石を割り出し、間知石等に加工している。



割り出された石材で積み上げられた河川護岸（間知石・谷積）（秋田県・横手川）

【伊達冠石等・安山岩 宮城県】



採石場では石を野面石として掘り出している。



掘り出された石材で積み上げられた河川護岸（野面石・乱積）（宮城県・広瀬川）

図 4.30 産地によって異なる石の積み方の一例

④ 吸水率による見栄えの違いと地域性

- ・ 石材の特性のうち、水を含む割合である吸水率についても石材産地によりその大きさが異なる。例えば、同じ安山岩でも、吸水率の高い安山岩には、苔が生えやすくなり、吸水率が低い安山岩とは、景観的に異なる見栄えの石積み構造物となる。
- ・ 一方、同じ産地の石材を利用してつくられた石積み構造物は、苔の生え方も同一となり、年月を経て、同じようなエージング（年代を得た風格）を得ることができる。
- ・ したがって、石積み構造物の整備、修復を実施する場合には、その地域で以前に積まれた石材がどこから持ち込まれたのかを把握し、その地域で産出していた石の特性を踏まえて、利用する石材を選定していくことが必要となる。



図 4.31 吸水率の違いによる地域性

⑤ 石材の形と地域性

- ・ 一般には、工業標準化法に基づく JIS 規格（日本工業規格）により、様々な材料・製品の大きさ等は統一が図られ、全国どこでも同じ大きさの材料・製品を入手できるようになっている。しかし、石材の JIS 規格（図-1-34 参照）は、間知石であっても形状について明確な規定がされておらず、JIS 規格の範囲内で様々な形の石材が存在している。
- ・ 具体的には、JIS 規格の「35 間知」と呼ばれる間知石は、控長と面の表面積が規定されているだけであるため、25 cm×25 cmの面で出来ている間知石や 20 cm×31 cmの面で出来ている間知石など様々な形状の間知石が存在している。
- ・ 間知石の形状は、石材の産地特性（堅さなどの石の性質等）や、その石材の地域ごとの伝統的な積み方によって異なり、この形の“異なり方”が、地域ごとの石積み構造物の景観的特性の一つを生み出している。

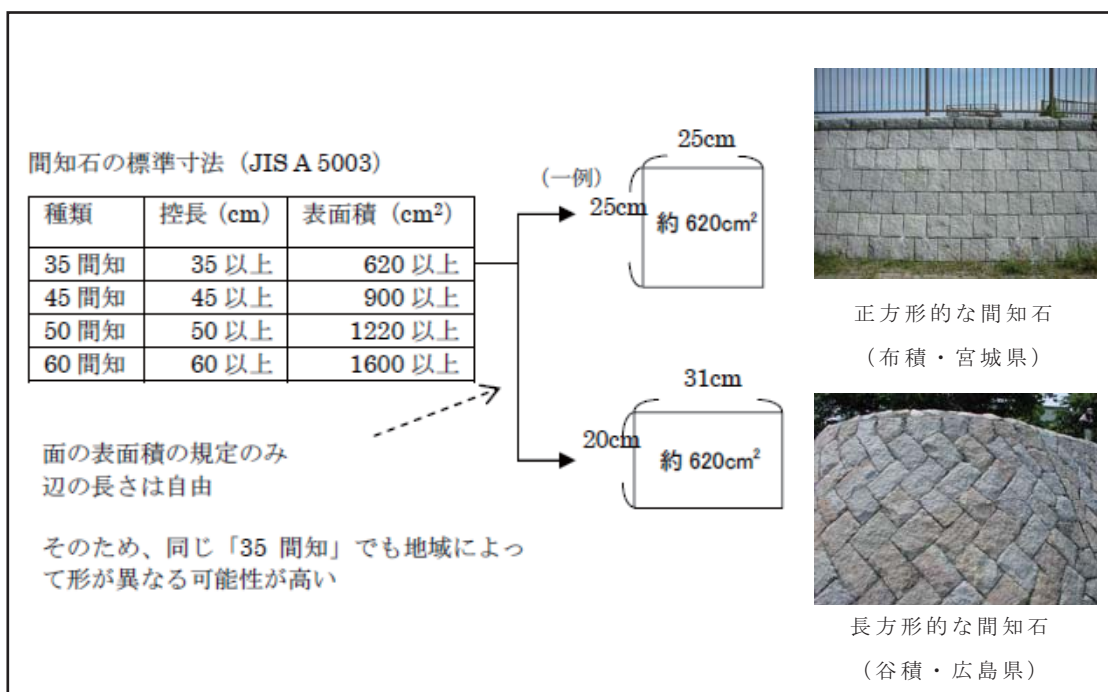


図 4.32 JIS 規格の規定と石材の形の地域性

8) 植生基盤となる空隙を持たせる

【対象工法】コンクリート系、石系、かご系、木系

水際及び背後地の自然環境が良好な場合、生物の生息・生育場所や植生基盤となりうる空隙を持たせる。

《解説》

- ・ 河岸法面が生物の生息・生育場所として機能するためには、法面上に空隙や凹凸が存在し、ここに土壌と適度な水分が供給・保持されることが必要となる。また、これらを基盤として植物が生育する場合には生物の生息・生育場所としての機能は、さらに向上すると考えられる。
- ・ 一般に護岸の法勾配が大きくなるほど、法面の緑被率は低下する傾向にあり、急勾配護岸で生物の生息・生育空間の機能を確保することは構造上難しい。このため、5分程度の急勾配の露出タイプの護岸において、ポット型の植栽ブロックなどのように、護岸法面にポット状の基盤や開口部を設けることで植物の生育を促す工夫が行われてきているが、これらのポットや開口部は、緑被率が低い急勾配護岸の状況では奇異なものとなり、逆に河川景観を損ねることとなる。これに対して、自然石を用いた石積み護岸や石張り護岸は、石と石との間の空隙（目地）が生物の生息・生育空間として機能していることが多く、仮に緑被率が低くても植物の生育が護岸のまとまり感を緩和するなど、周辺景観となじんだものになりやすい。
- ・ 護岸法面に空隙を設ける場合には、素材の目地空間や素材そのものが有する微細な空隙を活用し、土壌の確保と植物の生育を促すことを原則とする。また、水際部では、寄せ土・寄せ石を行うことにより、その空隙が水生生物の生息・生育場所として活用されることが期待される。

石積み護岸の目地から植物が繁茂している



大中小の石を組み合わせ深目地施工とし、法面の凹凸を出している。

写真 4.43 石積み護岸の目地からの植物の生育

9) 湿潤状態を確保する

【対象工法】 コンクリート系、石系、かご系、木系

水際及び背後地の自然環境が良好な場合、生物の生息・生育に適した湿潤状態の法面を確保するために透水性・保水性を持たせる。

《解説》

- ・ 自然の河岸では、地下に浸透した雨水などが河岸の表面に滲出する、湧水となって湧き出すことにより、保水性の高い土壌や河岸に生育する植物と相まって湿った状況が作り出されている。このような河岸の湿った状態は、河岸や水際部特有の多様な草本植物の生育要因となるとともに、陸上昆虫やサワガニ等の小動物の生息・生育あるいは移動経路に適した環境を形成している。特にクモ目やサワガニ等の非飛翔性の生物の生息・生育にとっては、河岸の湿り気が大きな影響を与えている可能性がある。このため、護岸は適度な湿潤状態を有していることが必要である。
- ・ コンクリートブロックや石積などの護岸が設置されると、護岸背面の排水や土圧・残留水圧を軽減するための裏込材と栗石などの中詰材によって浸透水の浸潤面が急激に落ち込むため、浸透水が法面まで供給されなくなる。そのため、護岸設置に当たっては、排水処理への対応も重要となる。

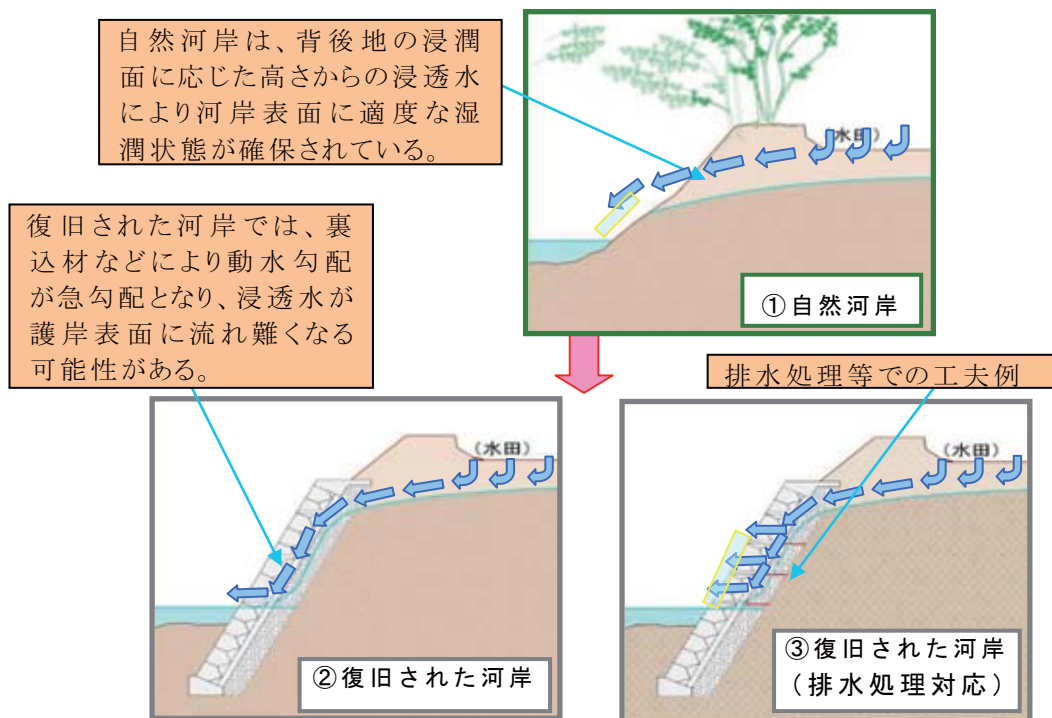


図 4.33 自然河岸と護岸における浸透水の動き (イメージ)

10) 生物の移動経路を確保する

【対象工法】コンクリート系、石系、かご系、木系

水際及び背後地の自然環境が良好な場合、生物の移動経路に配慮するために法面に適度な粗度を持たせる。

《解説》

- ・ 法面に細礫と同様の粗度を持たせた場合には、法面勾配が比較的急（5分程度）でも短い距離であれば生物の登攀（とうはん）が可能となるため、この程度の工夫を施すことが河川景観の面からも現段階では妥当な方法と考えられる。
- ・ また、法面に部分的に植物が繁茂すると、植物を利用して移動経路とするケースも確認されているため、護岸に植物が生育できる構造・形態にすることが有効である。
- ・ なお、登攀のために法面上に斜路部を設けるなど、造作するケースも考えられるが、その場合には、河川景観が悪化しないよう十分配慮する必要がある。



写真 4.44 河岸法面を移動中の生物

- ・ 河岸法面を移動中のアマガエル。
- ・ 河岸は練積ブロック護岸（間知ブロック模様）。
- ・ 河岸法面を移動中のサワガニ。
- ・ 河岸は空積ブロック護岸（擬石模様）。

注：生物の移動経路を説明したもので、護岸を推奨したものではない。






■技術情報－生物の移動経路に適した法面のテクスチャーと法勾配

河岸は、水域と陸域を結ぶ生物の移動経路としても重要な役割を果たしている。水域・陸域の両方を利用するカエル目やカメ目等では陸域（背後地）と水域（河川）の間の登攀（とうはん）径路を確保することが必要である。

一般に、河岸法勾配が急で、表面がなめらかであるほど生物の登攀は難しくなり、カメ、イモリ、サンショウウオ、ヒキガエル等の両生類や爬虫類は、勾配 30 度以下のコンクリート斜路であれば登攀が可能なが知られている。

また、法面の勾配や材料（粗度）を変えて行った実験では、コンクリートや砂面などでは、1 割より急な勾配では移動が阻害される結果となっている。

このため、河川景観（表面の肌理）や生物の生息・生育場所（空隙・凹凸）の確保とともに、生物の移動にとっても、法面上に適度な粗度や起伏が必要と考えられる。

種 類	①コンクリート面				②砂 面				③細 礫				④中 礫				⑤大 礫			
	滑 面				径:75 μ m~2mm				径:2mm~4.75mm				径:4.75mm~53mm				径:53mm~256mm			
写 真																				
粒 径	滑 面				径:75 μ m~2mm				径:2mm~4.75mm				径:4.75mm~53mm				径:53mm~256mm			
勾 配	2割	1.5割	1割	5分	2割	1.5割	1割	5分	2割	1.5割	1割	5分	2割	1.5割	1割	5分	2割	1.5割	1割	5分
ヌマガエル (体長19~22mm)	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
クサガメ (甲長124mm)	○	×	×	×	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×
サワガニ (甲幅20mm)	○	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



実験イメージ



カニが移動可能なパネル

図 4.34 法面の性状と生物の移動に関する実験結果

出典：土木研究所資料 多自然川づくりにおける河岸・水際部の捉え方 平成22年2月

11) その他の主な留意事項

【対象工法】かご系、木系

現地の残土や土砂等を利用して植生の回復を図る場合、水極め等による空隙の充填を行い、土砂の流出を防ぐため吸出し防止材等を設置する。

《解説》

- ・かごに土を充填する際に、水極めで土に河川の水を与えつつ水の流動性を活用して、かご内に十分に充填することにより、植生の早期回復を図る。
- ・充填した土と覆土とが一体化すれば、植物の根が籠の内部まで入りこむことができ、中詰め石材と土砂を一体的に緊縛し、覆土を流出しにくくする効果が期待できる。
- ・水極めとは、中詰め材の空隙に、水の流動性を活かして土砂を充填させるものである。具体的には、覆土と共に河川水を掛けることで、間詰土とする。
- ・マットや植生土のうを使用することで植生の早期回復を図ることが可能である。

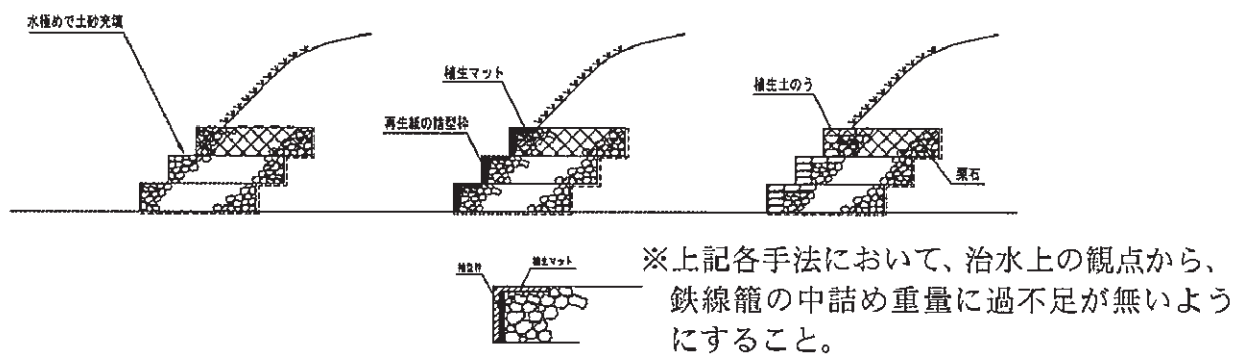


図4.35 カゴ系の植生回復および、土砂流出防止方法例

【対象工法】かご系、木系

転石が少ない河川や堤内地盤より低い河岸保護に用いる。

《解 説》

- ・河床材料が大規模（人頭大程度以上）な転石や玉石で構成されている区間では、洪水時にこれらの転石や玉石が鉄線に衝突し、鉄線が摩耗し、表面のメッキ層が減少したり鉄線が破断する等、鉄線の耐久性に著しく支障を及ぼす恐れがあるため適用除外とする。

【対象工法】かご系、木系

輪荷重がかかる箇所での適用は控える。

《解 説》

- ・輪荷重が籠の安定に著しく影響を及ぼす場合は、籠の変形、沈下により道路への悪影響が危惧されるため、適用しない。
- ① 輪荷重が籠の安定に著しく影響を及ぼす場合とは、輪荷重分布内（ 45° 内）に下図のとおり籠が入る場合のことを云う。
 - ② 但し、未舗装道路又は特に交通量の少ない道路（1日10台程度以下）にあっては、下図のとおり輪荷重分布内（ 45° 内）に最上段の籠の上面が入らない場合は適用できるものとする。

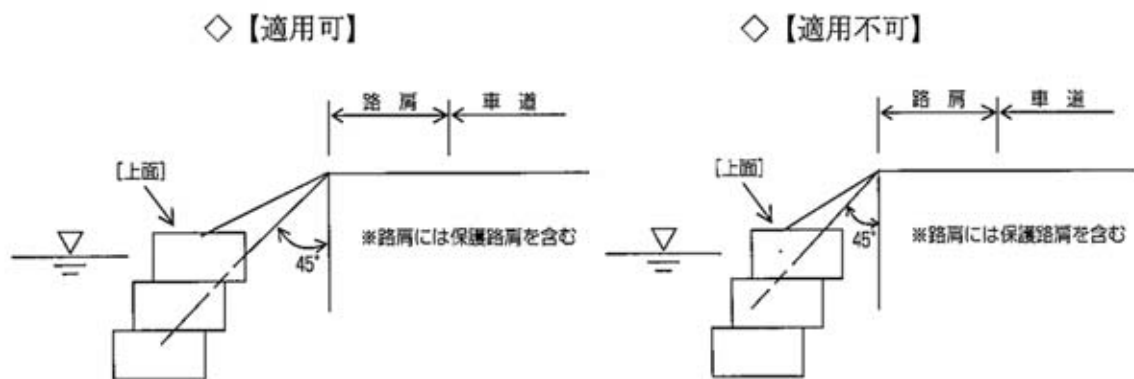


図 4.36 兼用道路への適用

4.4 基礎工

(1) 基本事項

護岸の基礎工（法留工）は、洪水による洗掘等を考慮して基礎天端高を設定し、法覆工を安全に支持できる構造とする。基礎部の埋戻しに当たっては、寄せ石等により水際部に変化を持たせるなど、河川環境に配慮する。

《解説》

- ・ 護岸の被災事例で最も顕著なものは、洪水時の河床洗掘を契機として基礎工が浮き上がってしまい、基礎工及び法覆工が被災する事例である。
- ・ 基礎工天端の基本的な考え方は次のとおりである。
 - ① 基礎工の天端高は、一般的に現況最深河床高、又は推定最大洗掘深から 0.5～1.5m 程度埋め込んでいるが、その深さは河川規模、洗掘状況、流速、水衝部か否か、河床材料、被災原因や上下流の構造物の根入れを考慮して設定する。
 - ② 河床洗掘が大きい場所や局所的に深掘れが想定される場所等で、基礎の根入れのみでは安定が確保されない場所または、基礎の根入れ長を確保するより経済的となる場合は、根固工の設置を検討する。
 - ③ 根固工を併設する場合には、上記①にかかわらず根固工の下端に基礎天端高を合わせてもよい。

(2) 河床低下傾向が認められる被災箇所での留意事項

河床低下が原因で被災した箇所の復旧においては、復旧後の河床変動傾向をあらかじめ予測し、必要に応じて対策を講じること。

《解説》

- ・被災原因が局所洗掘又は縦断的な河床低下によるものであった場合、復旧護岸の基礎工の処理は、河床低下の原因（3.2 被災原因の分析を参照）を分析した上で、再度災害を防止できる構造とすること。
- ・被災箇所を含む区間に縦断的な河床低下傾向が認められ、今後も河床低下傾向が継続すると判断される場合、単に護岸基礎の根入れを深くするだけでなく、河床高を維持するための方策も検討すること。
- ・一般的に護岸は河床と比較して平滑であり、粗度は小さい。護岸前面の流速が大きくなることによって、護岸近傍の河床面に作用する掃流力、流体力も比例して大きくなり、河床、法先部の土砂が侵食されやすい場所である。
- ・そのため、復旧護岸の基礎の埋め戻しに際して、可能な限り粒径の大きい河床材料を用いて埋め戻す、大径の材料で寄せ石すること等により、護岸近傍が侵食を受けにくくするとともに、粗度を大きくして護岸近傍の流速を低減するなど、施工段階でも可能な工夫を行うこと。

4.5 根固工

(1) 基本事項

根固工は、被災状況及び河道特性等に応じて設計流速等の外力に対して安全な構造で魚類等の生息・生育空間の河川環境に配慮し、施工性、経済性等を総合的に勘案して選定する。

《解説》

- ・ 根固工は外力である設計流速に対応するよう「護岸の力学設計法」及び実績等に基づいて設計する。
- ・ 根固工は魚類等の隠れ場、餌となるもののたまり場となることから、魚類等にとって格好の生息・生育場所になる。したがって、魚類等の生息等に配慮し、根固工上の水深の確保や多孔質な根固とする等の工夫が必要である。

(2) 根固工設置に当たっての留意事項

根固工は、設計流速や局所的な河床洗掘などの河床変動等を考慮し、原則として以下の場合に設置する。

- ・ 被災原因が洗掘である又は根固工の流失の場合
- ・ 最深河床が深く護岸基礎の根入れが不経済となる場合
- ・ 基礎の根入れのみでは必要な安定性が確保できない場合

《解説》

水際部の根固工について、天端高は水位変動を把握した上でできるだけ露出しない高さに設定するものとし、根固工の上部には捨て石を施すなど、露出した場合でも周辺の景観になじむような工夫を検討するものとする。なお、歴史・文化的景観の観点や、舟運等の河川利用の観点から、根固工の露出が問題ないと判断される場合にはこの限りではない。

- ・ 根固工は、再度災害防止の観点から被災原因を十分に把握して適正な箇所に設置するものとし、出水時の急激な河床洗掘による被災箇所や水衝部などの局所的な河床洗掘による災害を受けやすい箇所、及び既設根固工（上・下流を含めて）のある箇所において、現地条件を十分に考慮の上、その必要性を検討して設置するものとする。

- ・ 根固工の設置に当たっては、淵の保全等、水際部の多様な環境の保全に配慮する。特に河床幅が狭い河川の場合には、根固工の河川環境に及ぼす影響が大きいため、十分に注意する必要がある。
- ・ 根固工の設置高さは、原則として根固工を設置する場所の現況河床高に根固工の上面を合わせるものとするが、設置場所の水深、上下流の河床状況等を考慮して、これによることが適当でない場合は、この限りではない。また、根固工の横断勾配は、河床状況に応じて設定する。なお、既設の根固工がある場合には、原則として既設根固工の高さを考慮して設置する。
- ・ 木材等を用いる場合には、極力間伐材を利用する。なお、間伐材の利用に当たっては杭径等の規格に多少の幅を持たせると良い。（例φ100～150）

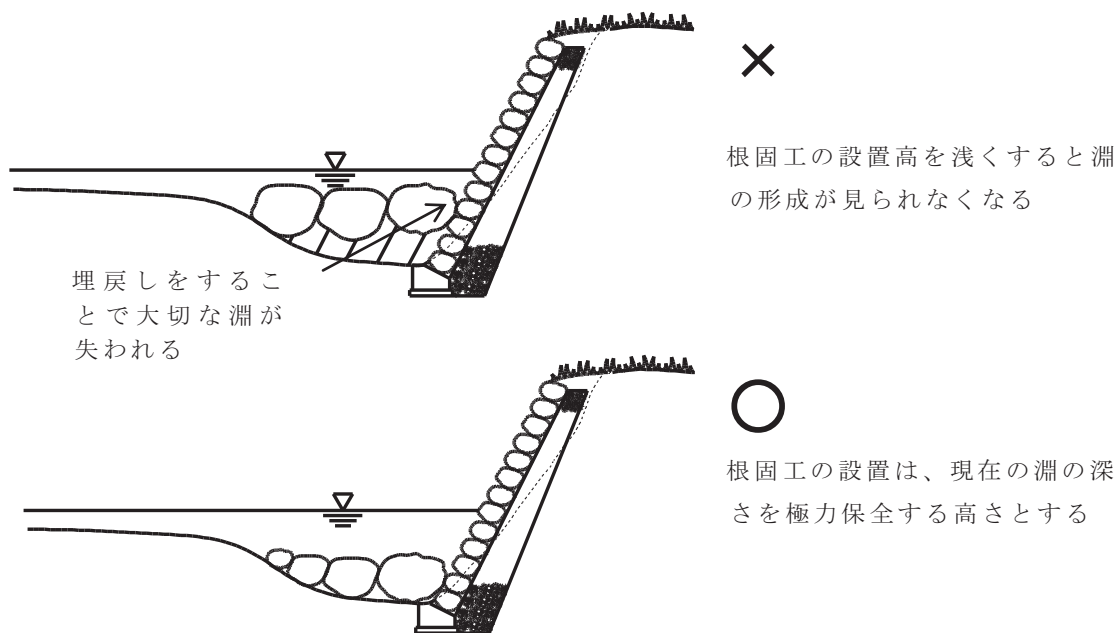


図4.37 淵を保全した根固工の設置例

- ・ 根固工の施工は水面下施工が前提であるが、水面上となる場合には、間詰めを行う等により水際環境の保全に配慮する。

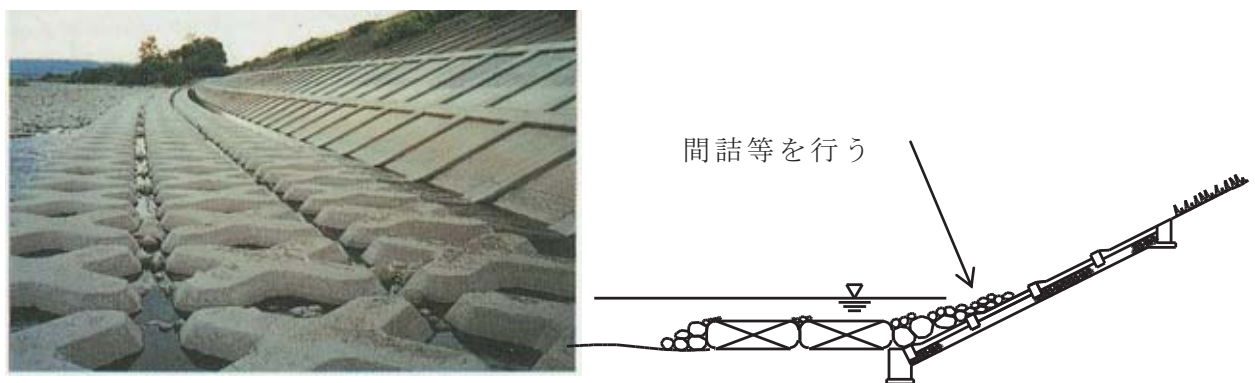


写真 4.45 根固工の設置高さが高すぎる事例

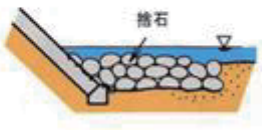

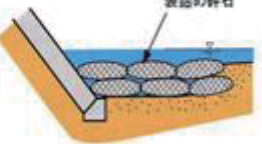

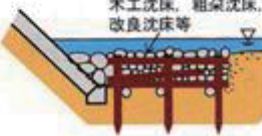

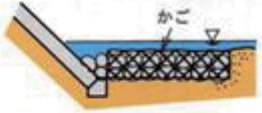

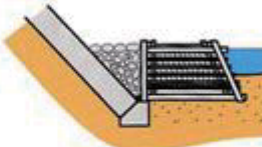

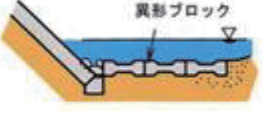

(3) 根固工の種類

根固工は、洪水時の洗掘を緩和し、基礎工の安定を図るために設置するものであり、単独もしくは法覆工と組合わせて施工する。根固工には種々の素材を用いた工法があることから、各工法の特徴を十分理解しておく必要がある。

《解説》

- ・護岸の被災原因の多くは、基礎部の洗掘によるものである。根固工は、その地点の流勢を減じ、河床を直接覆うことで急激な洗掘を緩和する目的で設置する。
- ・根固工は流水の作用に対して安全である必要があり、法覆工と同様に各工法の構造的な特徴を理解した上で、そのタイプや配置について検討する。
- ・資源の有効利用や環境保全の観点から、現地発生材や間伐材の活用を積極的に図るものとする。
- ・一般的に用いられる根固工の種類とその特徴を示すと表のとおりである。

表 4.4 根固工の種類と特徴

	工法概念図	工法の特徴と設計の考え方	施工例
石系		<ul style="list-style-type: none"> 河床低下による変形が生じても護岸基礎前面の平坦幅が確保できるようにする。 捨石の粒径は設計無次元掃流力を基に設計する。 できる限り現地周辺の石材を利用することとし、現地周辺以外の石材を利用する場合は、周辺環境との調和が図られるよう配慮する。 	
袋体系		<ul style="list-style-type: none"> 流速が大きい場合は、袋体同士のワイヤー等による連結や杭等により移動しにくいよう処置する。 転石の少ない河川に適用する。 中詰材の粒径は設計無次元掃流力を基に設計する。また、できるだけ現地材の活用・再利用を図る。 中詰材が鋭利であると袋体を損傷するので注意する。 橋脚周りや床止め下流など、局所的に流速が速くなる場所での使用は避ける。 	
沈床系		<ul style="list-style-type: none"> 粗朶沈床は緩流河川、木工沈床は急流河川で用いられることが多い。 中詰材の粒径は設計無次元掃流力を基に設計する。また、できるだけ現地材の活用・再利用を図る。 木系をコンクリートに変えた改良沈床もある。 間伐材があればできる限り活用する。 木材は腐食を考慮して、常に水面下に埋没させる。 	
かご系		<ul style="list-style-type: none"> かご材は十分な強度と耐久性を有すること。 中詰材の粒径は設計無次元掃流力を基に設計する。また、できるだけ現地材の活用・再利用を図る。 河川利用のあるところでは、使用する鉄線の素材に留意する。 転石の少ない河川に適用する。 強い酸性又は塩分濃度の高い場所では耐食性の優れた素材を使用する。 	
片法枠系		<ul style="list-style-type: none"> 流下能力に余裕のある河川に適用する。 中詰材の粒径は設計無次元掃流力をもとに設計する。また、できるだけ現地材の活用・再利用を図る。 木製片法枠を平水位以上で用いた場合は早期に腐食することがある。 護岸と法枠工の間を利用してさまざまな環境保全の工夫が可能である。 	
ブロック系		<ul style="list-style-type: none"> 流体力に対して滑動・転動を評価して設計する。 隣接するブロック間は連結又はかみ合わせにより一体化させるとより安定する。 空隙の多いブロックや石等との組合せにより、多様な水際を確保する。 	

4.6 根継工

(1) 基本事項

根継工は、河床洗掘、河床低下に伴い既設護岸の基礎部分が露出したり、被災した場合に基礎部を保護するために設置するものであるが、施工する場合は、河川環境に十分配慮して実施する。

《解説》

- ・ 護岸の基礎部分が被災した場合は、吸い出し、洗掘等で護岸全体が被災している可能性も高いので、十分調査し適用すること。また小河川においては、帯工、床固工等が有利な場合もあるので留意する。
- ・ 根継工は、治水上流下断面に支障を与えないもので、かつ施工時に既設護岸の増破や緩みを生じさせない安全な構造とする。
- ・ 河積に余裕がある場合の根継工の構造としては、大別して腰掛型と矢板型があるが、これらは水際部の河川環境上の多様性を保全する上で望ましくないことから、やむを得ず施工する場合には、寄せ石、盛土等により水際部に変化を持たせるなど、河川環境にも配慮する。
- ・ 河積に余裕のない場合には、一法型が考えられるが、この場合、床掘中に既設護岸が崩落する等の二次災害を誘発する恐れもあるので、基礎部の土質が良好で既設護岸が堅固な場合に限るなど、慎重な検討が必要である。

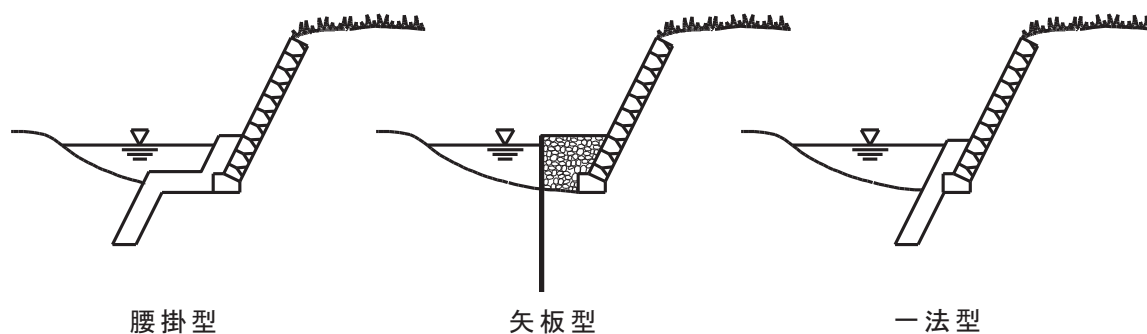


図4.38 根継工法例

(2) 根継工を採用する際の留意事項

河床低下・局所洗掘による既設護岸の被災に対して根継ぎする場合、以下の事項に十分留意すること。

《解説》

- ・ 根継ぎ工の表面は一般的にコンクリートの滑面となり、近傍を流れる流速が設置前よりも速くなることによって、根継ぎ工近傍の土砂が流出しやすくなる。とくに、川幅が狭い河川での根継ぎは、低水路幅が狭まることと併せて河床低下を生じやすくなることから、安易に根継ぎ工を採用することは避ける。
- ・ 被災護岸と上下流の護岸が同様の構造、根入れ長である場合、被災区間の根継ぎ工がさらなる河床低下を誘発し、上下流隣接区間の被災を誘発することがある。縦断的な河床低下が生じている場合、やはり安易に根継ぎ工を採用することは避けるべきである。
- ・ 根継ぎ工の上流端部は、既設護岸から数十 cm 突出した形となることから、端部での局所洗掘を生じやすい。端部の形状を工夫する、端部の埋戻しに大きめの石を用いる等、局所洗掘に対する対策をとること。

4.7 天端工・天端保護工、小口止め、水抜きパイプ等の付帯工

(1) 基本事項

天端工、天端保護工は法覆工の天端の保護を目的として設置し、すり付け工は上下流のすり付け部の侵食防止を目的として設置する。

《解説》

- ・護岸工の設置箇所の地形、上下流施設との関係、土質等により、必要に応じて天端工・天端保護工、小口止め工、吸い出し防止材、裏込め材、すり付け工等の付属工を適切に設置する必要がある。
- ・付属工の設計が不適切な場合には、天端や上下流からの侵食、背後からの吸い出しを契機として護岸の被災につながる事例が多く見られる。

(2) 堀込河道におけるコンクリート系、石系法覆工の天端処理

天端工は天端コンクリートが目立たないように工夫する。

《解説》

- ・堀込み河道の護岸の天端コンクリートは、ブロック上部に10cm程度のコンクリートを打つタイプ（図(a)）や、天端ブロックの面に合わせて水平に打つタイプ（図(b)）が多いが、これらの場合、護岸法面も天端もコンクリートで硬い印象になる。
- ・一方、天端コンクリートを天端ブロック上面から少し低い位置に打ったり（図(c)）、あるいは天端コンクリートをなくしたり（図(d)）して、その上面を土で埋め戻した場合は、天端に草が生えてエッジが和らぐ効果がある。さらに、これらのタイプには、天端上部の盛り土が流出しにくいというメリットもある。これらの方法は、堀込み河道の天端処理において有効である。小さな工夫であるが、川の表情が大きく変わってくる。
- ・天端コンクリートを設置する主目的は、天端から裏込め材への水の浸透を防ぐことにある。洪水時に護岸背面に大きな残留水圧が残ると護岸を崩壊させる可能性が高まるため、天端上部からの浸透水を出来る限り防止することが求められる。護岸背後が窪地となっており雨水が集まりやすい場所等、天端上部からの浸透水の確実な防止が必要とされる場合には図(c)のタイプを選定することが望ましい。

- ・一方で、護岸に植物を生育させたり、生物の生息・生育に適した湿潤状態を確保したりする場合には、平常時に護岸背後から十分な水分が供給されることが求められる。洪水時の天端上部からの浸透水による護岸崩壊の危険性が低い場所においては、洪水時の配慮を書く(d)の選定が可能であり、平常時の護岸背面からの水分供給のため、護岸背後の土壌からに加え、天端上部からの雨水による水分補給も期待できる。
- ・土木構造物標準設計第2巻（擁壁）には、(a)のタイプの天端コンクリートが示されているが、景観に十分配慮しつつ、現場の状況や護岸に求められる機能に応じた工法を採用することが重要である。

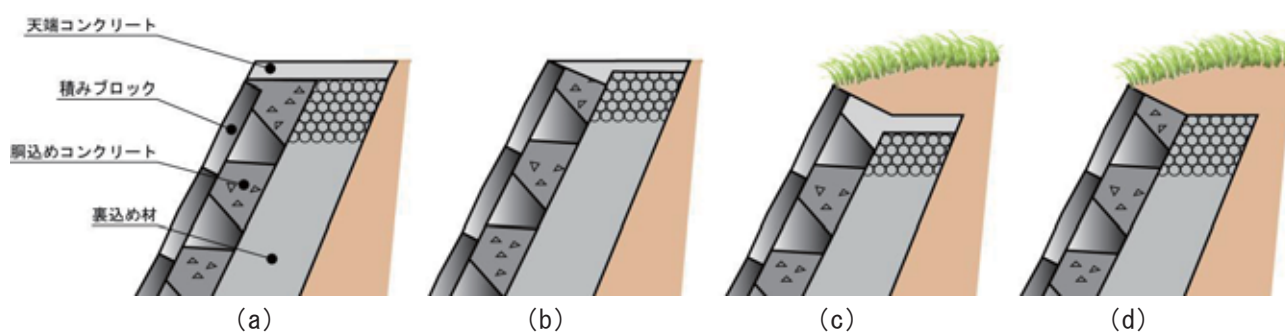


図 4.39 堀込み河道を対象とした護岸天端の処理のタイプ
 ((a), (b)は景観の観点から課題が残る)



- ・天端コンクリートを打たずに土を埋め戻しており、植生が回復すると全体が柔らかくなる。
- ・水際部の寄せ石と合わせて植生が回復し、川全体が自然的で柔らかい印象になっている。

写真 4.46 天端コンクリートを打たずに土で埋め戻した事例（元町川：岩手県）

注 護岸の明度が高く、護岸そのものは推奨されない。

(3) 複断面河道におけるコンクリート系、石系法覆工の天端処理

護岸の天端付近を保護しながら、周囲と調和させる。

■ 低水護岸の法肩処理

高水敷を持つ複断面の場合には、洪水時に低水護岸の天端が流水にさらされるため、護岸の天端周辺の洗掘により護岸が破壊されないように天端の保護に留意する必要がある。



写真 4.47 那珂川（福岡県）

- ・ 低水護岸の天端を草地としその背後に歩道を設けている。
- ・ 護岸天端の草地が水辺を柔らかい印象にしている。



写真 4.48 鴨川（京都府）

- ・ 低水護岸の天端をラウンディングさせ、歩道との間に草地を設けており、河岸が和らいで見える。
- ・ 護岸や舗装といった人工物と草地や高木などの自然的要素が上手に組み合わせられている。



写真 4.49 五ヶ瀬川（宮崎県）

- ・ 低水護岸を立てて設置し、その前面に自然河岸を形成されており、自然な河岸がベストという考え方を基本にデザインしている。



写真 4.50 小田川（愛媛県）

- ・ 低水護岸の天端をラウンディングさせている。

■ 技術情報－石積みの天端処理

石積みの天端は、美しく仕上がるように切天端、隅天端、巻天端、笠石などの処理方法を用いる。石積みを積み上げた上部の処理には、以下の4つの方法が一般的に用いられる。このうち、巻天端は流水部分に用いられることが多い。

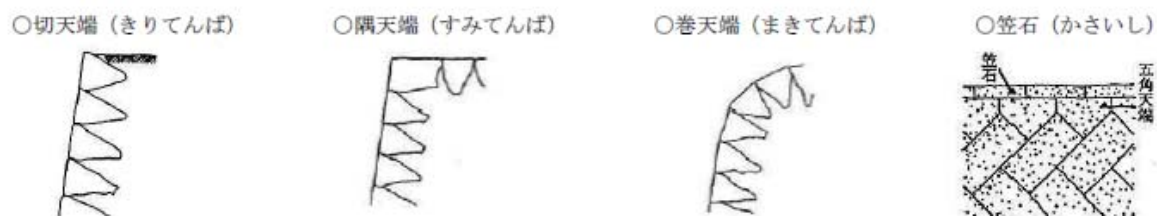


図 4.40 石積み天端処理例



・天端工のコンクリートが目立ち周囲の景観に馴染まない。



・天端工のコンクリートを若干低く施工し、その上部に土を入れ植栽することによって天端のコンクリートを隠している。



・天端を巻天端としてコンクリートが見えないようにしている。
・その上に植物が繁茂し景観的に馴染んでいる。



・笠天端の場合、石材が薄すぎると石積みとしての風格に欠ける。



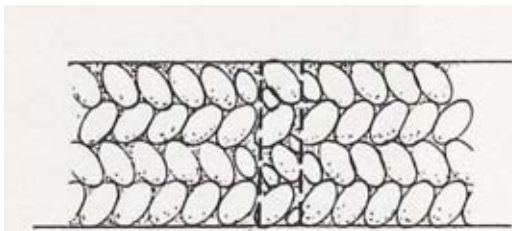
・ある程度厚みのある石材を笠天端に利用すると端部に明快な締まりが生まれ、石積みとしての風格が感じられる。

写真 4.51 石積み天端を美しく見せるための工夫

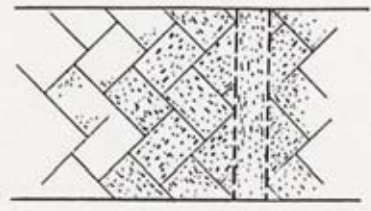
(4) 小口止めの処理

小口止め・横帯の存在がわからないように工夫する。

- ・ 石積工や半割ブロック積工の場合、横帯・小口止めにコンクリートがむき出しになっていることは非常に印象が悪い景観を呈することになるので、表面の処理を合わせて、横帯・小口止めの存在がわからないように工夫する。
- ・ 伸縮目地の設置に当たっては、目地材料がはみ出して河川景観に好ましくない影響を与えることを回避するよう配慮する。具体的には、目地材料がはみ出ないように綺麗にカットして仕上げる、護岸ブロックの面よりわずかに控えることによって見えにくくする、といった配慮を行う。



(石積の場合)
同規模の石を埋め込む



(半割ブロックの場合)
型枠でざらつかせる または、はつる



小口止めが浮き上がって見える



半割ブロックの小口止めの表面処理



・通常の処理では、横帯のコンクリートが目立つ。



・赤枠部分が横帯で、コンクリートが剥き出しにならないよう張石を設置して、素材の統一感を演出している。(巾が30 cm程度であるため、谷積ではなく布積で処理している)



・伸縮目地の部分を適切な隅角処理し、石積みとしての風格を保っている。

図4.41 小口止めを目立たせないための工夫

(5) 水抜きパイプの処理

水抜きパイプを設置する場合、極力目立たないように工夫する。

《解 説》

- ・ブロック積のうち練積み構造の場合には、背後地盤の地下水の排水、出水中の水位低下時における背後地盤の残留水圧の速やかな排除等の目的で、 $\phi 50$ mm程度の水抜き孔を 3.0m^2 程度に1箇所設けられてきた。水抜き孔は練積み護岸の安全性を高める上で重要な機能を有しているが、水抜きのために設置されたパイプが、河川景観に好ましくない影響を与えていることも少なくない。
- ・水抜きパイプの設置に当たっては、パイプが目立たないように留意することとする。具体的には、パイプの設置位置をブロックの目地や角に合わせる、ブロックに隠れる位置に設置する、ブロック法面からパイプが飛び出さないように控えるといった配慮を行う。その際、水抜き孔が閉塞しないように留意すること。



写真 4.52 水抜きパイプを設置した例

- ・石積みの角に水抜きパイプを設置した事例。
- ・水抜きパイプが表面に飛び出していないため、目立たない。
- ・ブロック積みの角に水抜きパイプを設置した事例。
- ・水抜きパイプが表面に飛び出ているため、目立っている。

4.8 覆土・寄せ石

(1) 覆土の基本事項

工事によって発生した残土は覆土等に利活用するものとし、植生の回復を図る。また水際部においても現地発生材等を利用した寄せ石等を行う。

《解説》

- ・ 覆土は、護岸等の施設の上に土壌を確保し、天然河岸と同様に植物が生育しやすいような条件を整えることにより、河川環境の保全を図るものである。また、植生の繁茂によって景観や親水性が向上し、「川らしさの復元」に効果がある。
- ・ 災害復旧で行う覆土は、植生の早期復元を図るために土を散布する程度のものであり、設計として護岸強度を増加させるものではないので、締固めは必要としない。
- ・ 覆土や寄せ石の材料は現地発生材を仮置きして利用するものとし、特に覆土材は現地で採取した表土を活用することで、元の状態に近い状態で早期に植生の回復が期待できる。
- ・ 覆土ができない構造の護岸の場合は、現地の状況に合わせて水際部の寄せ石、天端部の覆土を行うことが望ましい。
- ・ 水際部には、覆土の流出を防止するため、また、多孔質な空間を確保するため、必要に応じて寄せ石を行う。その際には、対象となる生物に対して適切な大きさの空間を確保できないと効果が少なくなることに留意すること。
- ・ 連節ブロック等のめくれが弱点となる護岸では、ある程度の層厚を確保して、覆土の締固めを行う隠し護岸タイプを検討する。

(2) 捨石・寄せ石による自然河岸形成の効果と留意点

護岸前面に寄せ土（寄せ石）を行う場合は、復旧箇所のセグメント（流程区分）に応じた材料を用い、画一的な断面にならないようにする。

《解説》

- ・護岸前面に自然素材の河岸を形成する場合は、以下について留意する。
- ① 護岸の法勾配は急勾配（5分程度）とし、護岸前面に十分な土砂、礫等を設置する。
 - ② 河岸材料は現地発生材を基本とすることで、中小洪水で流失しないよう工夫する。なお、土砂、礫等を仮置きして戻す場合には、対象となるセグメント（流程区分）に適した粒径の河床材料を用いる。詳細を、次ページの技術情報に示す。
 - ③ 河岸ののり面は、河道の平面形やみお筋に対応して変化させるなど、画一的な断面にならないよう注意する。

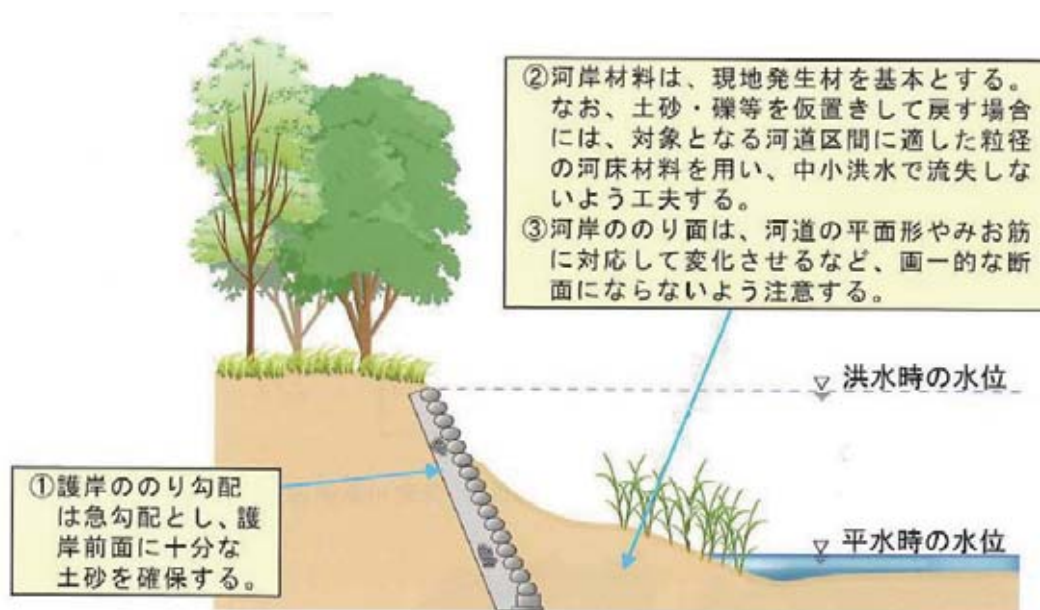


図 4.42 護岸前面に自然素材の河岸を形成する場合の留意点

(3) 捨石・寄せ土の基本事項

水際部の捨石、寄せ土（寄せ石）には現場発生材をできる限り用いる。

《解説》

- ・護岸が露出する場合の河岸・水際部の設計では、川の働きを活かす、そのためのスペースを確保する、水際は固めない、捨て石や寄せ土（寄せ石）など現場発生材を利用する、川的作用による変化をある程度許容するといった視点が重要である。
- ・水際部については、これまで、例えば多孔質な水際構造にするために蛇籠やふとん籠を設置するということが行われてきた。それは、水際に人工物を配置して固定化するということであり、川的作用によって変化する自然な水際を形成するということとは根本的に異なる。
- ・よって、捨て石や寄せ土（寄せ石）など、できるだけその現場の河床材料を用いて自然な水際部を再生することを原則にする。この場合の捨て石や寄せ土（寄せ石）は、改修工事による環境改変（単調化）を緩和するために、河床や水際部の形状をある程度元の状態に復元しておくという考え方であり、川的作用による変化を前提としている。

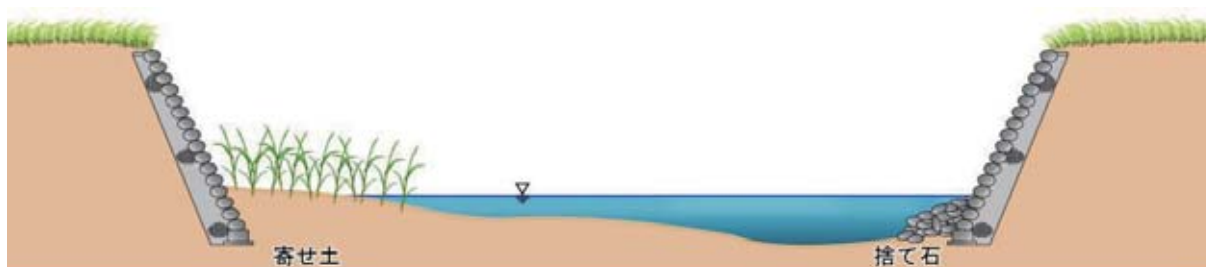


図 4.43 護岸が露出する場合の水際部の工夫

■技術情報－河岸を構成する土砂の流出について

河岸の背後に護岸が設置された場合、洪水による護岸前面の土砂の応答と特性をセグメント毎に概説する。

(1)各セグメントによる河岸を構成する土砂流出の応答特性について

1)セグメント1（扇状地）、M（山間地）の場合

セグメント1またはMで河岸の構成物質が川底の材料と同じような粒径の石礫で構成されている場合、仮に河岸が侵食された際、土砂は下部（横断的に）へ移動して、一部が川底に堆積し、河岸の勾配が緩くなる現象が起こる傾向がある。このとき、河積断面の変化は小さいが、径深変化の関係で当該箇所での洪水時の流下能力が少し減少する可能性がある。また、川底への急激な堆積が偏流などを起こさないのかもチェックの対象となる。

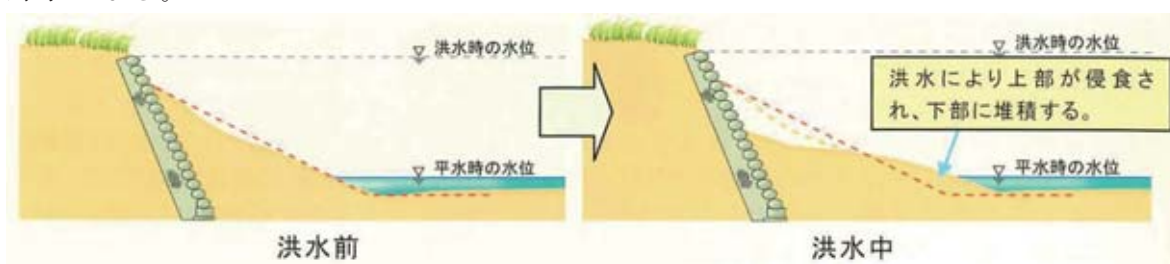


図 4.44 河岸侵食による土砂の横断的な移動

2)セグメント2（自然堤防帯）の場合

セグメント2の河川では、少なくとも平水面より上は植物が密に生育すること、河岸土の粘着性、水際付近より下部の植物被覆度が低いことなどから、河岸下部がまず侵食を受け、それが進行・拡大し、河岸侵食が一気に進む可能性がある。このとき、当該断面での洪水時の流下能力は突発的・局所的に増加する可能性がある。

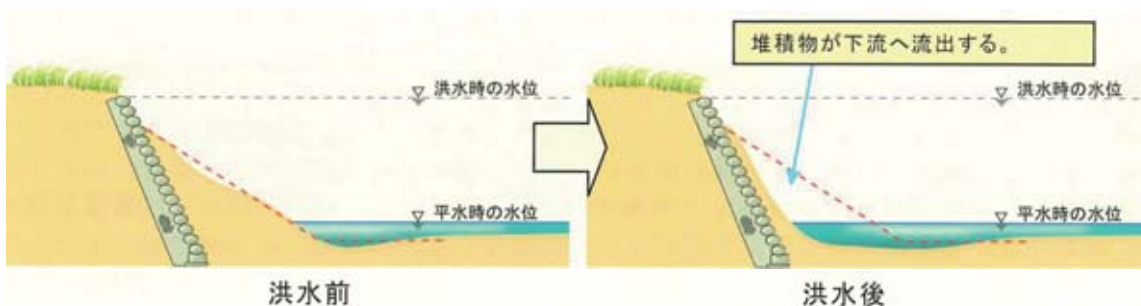


図 4.45 河岸侵食による土砂の下流への移動

(2) 護岸前面の河岸に用いるべき材料について

セグメント1、M及びセグメント2ともに、現状と同等の粒度の材料を用いることが基本となる。セグメント1、Mについては、河岸材料が川底の材料と同じ粒径の石礫で構成されている場合が多いため、河岸材料は川底や河岸の材料から選定することが基本となる。一方、セグメント2については、川底の材料と現状の河岸材料とは通常異なるので、安易に川底の材料に依存することなく、元々の河岸材料と同様の材料を調達することが必須である。たとえば、粘着性のある河岸土の代わりに、川底の分級度の高い砂を用いたことを想定すると、植生が生育しにくいことと粘着性が期待できないことと相まって、改修による流速増加が有意ではなくとも、当該区間の自然河岸では起こりえないような大規模な侵食が急激に生じることが考えられる。このように、護岸を控えて設置し、その前面に厚い河岸を埋め戻して造る場合には、セグメントに応じた材料の調達を行うことは、非常に重要な留意事項となる。

4.9 申請工法概要の記入とチェックリストの活用

(1) 申請工法と留意点の記載

A表（右）には申請工法の概要と設計上の留意点及び施工上の留意点を記載する。

《解説》

- ・ 工法を決定すると、各工法で留意すべき事項が抽出される。A表右側には、被災箇所条件を踏まえ、⑧に申請工法の概要を横断図として描き、引き出し線にて、当該工法を使用する際の主要な留意点を記載する。また、⑨施工上の留意点（工事特記仕様書記載事項）には、⑧の中から、施工段階において留意すべき事項を記載し、これを工事特記仕様書に反映させる。
- ・ ⑧の横断図は被災箇所のみを記載するのではなく、みお筋部の形状も含めて描くようにする。なお、川幅が相当広く、河岸・水際部の復旧がみお筋部の環境に影響しない場合においてはこの限りではないが、その旨を⑧に記載する。
- ・ ⑧の留意点は、工法別のチェックリスト一覧表を参照して項目を選定し、次に、当該被災箇所条件、工法の安定性、河川景観、自然環境に及ぼす影響の程度が大きい項目を選定して、できる限り記載する。
- ・ ⑨の留意点は、工法別のチェックリスト一覧表を参照して、工事特記仕様書に記載すべき項目を選定し、記載する。特に、施工中に配慮すべき項目についてはできる限り選定する。

(2) チェックリストの使用手法

抽出されたチェックリストについては、災害査定時、実施設計・施工時及び竣工時においてチェックし、多自然川づくりに即した災害復旧となるよう検討を行う。

《解説》

- ・ チェックリストには4章で示した留意事項を含め、選択した復旧工法を用いる場合に留意すべき事項が示されている。
- ・ チェックリストに示されている留意事項は、多自然川づくりに即した災害復旧を行う上で標準的なものである。これらの項目は査定時のみでなく、設計・施工、竣工時にチェックし、留意事項に配慮するとともに、配慮できなかった事項も事後にチェックする。
- ・ 査定時、設計・施工時、竣工時段階において、配慮できなかった事項を整理するとともに、配慮できなかった理由を分析することにより、その後の災害復旧の改善を図る。